

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Valorización del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición aplicado como absorbente potencial de cromo presente en aguas residuales en la provincia de Huancayo en el año 2018**

Liset Karina Rojas Condeña

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2019

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **ASESOR**

Ing. Roly Jaime Nuñez Nuñez

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco en primera instancia a la Universidad Continental por ser el medio del flujo de conocimientos en mi formación profesional; especialmente agradezco al Laboratorio de Minas y Laboratorio de Suelos y Pavimentos por el soporte técnico profesional brindado en los equipos necesarios para la estandarización, también al Laboratorio de Calidad Ambiental.

Por otro lado, agradezco a mi Asesor de Tesis: Ing. Roly Nuñez Nuñez, por su valiosa contribución en conocimientos respecto de la realización y finalización de la presente, quedo muy agradecida con él por ser paciente, amable y muy empático para con mi persona como profesional.

Agradezco al Ing. Edwin Paucar Palomino, Ing. Roger Meléndez e Ing. Deysi Argumedo Solórzano por aclarar mis dudas y por su tiempo que me brindaron en el proceso de realización de esta tesis.

Un agradecimiento especial para el Biólogo Jorge Ferrer Uribe, por su compromiso con la buena educación y quien además de enseñarme principios éticos y morales lo que considero algo importante en la etapa profesional, además hizo que mi paso por la universidad fuera agradable y no solo por ser docente sino un consejero, amigo y, sobre todo, gracias por darme siempre palabras de aliento para salir adelante en el camino de lo profesional y en lo personal.

Al Ing. Jorge Cordero Azabache (Q.E.P.D) aunque no esté hoy en este mundo, le agradezco de todo corazón por hacerme amar mi carrera y por enseñarme que con esfuerzo y dedicación se puede lograr todo.

## **DEDICATORIA**

### **A mi amada madre:**

Elsa Guadalupe, a quien le debo todo en la vida por haberme educado y soportado en todo este camino, gracias a ella por todo su apoyo, sus consejos, por el amor que siempre me ha brindado, por ser la promotora de mis sueños, gracias por cada uno de sus consejos y palabras que me guiaron durante mi vida.

### **A mi padre:**

Noel Edwin, por siempre desear y anhelar lo mejor para mi vida, por darme una carrera para mi futuro, por nunca soltarme de la mano cuando me caía, por creer en mi capacidad y darme su apoyo constante en mi vida profesional.

### **A mi hermano:**

Osver, por el apoyo que siempre me brindó día a día en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria, por sus palabras y compañía.

### **A mi abuelo:**

Daniel, por ser un ejemplo para mi vida, aunque no esté físicamente conmigo, sé que desde el cielo siempre me cuida y me guía para que todo salga bien.

### **A mis tíos:**

A ustedes que me apoyaron en el transcurso de mi vida.

### **A mis amigos:**

Que de una u otra manera me llenaron de sabiduría, por su apoyo y darme el tiempo de poder realizarme profesionalmente.

Y sobre todo gracias a la vida por este nuevo triunfo, por darme la oportunidad de estar con los que más amo y de poder disfrutar de ellos.

# ÍNDICE

PORTADA .....	i
ASESOR .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
ÍNDICE .....	v
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
INTRODUCCIÓN .....	xi
CAPÍTULO I .....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	1
1.1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.1.2. Formulación del problema .....	5
1.2. Objetivos .....	6
1.2.1. Objetivo general.....	6
1.2.2. Objetivos específicos.....	6
1.3. Justificación e importancia .....	6
1.3.1. Justificación práctica.....	6
1.3.2. Justificación metodológica.....	7
1.3.3. Justificación científica .....	7
1.3.4. Importancia.....	8
1.4. Hipótesis (formuladas como validación de la investigación) y variables ...	8
1.4.1. Hipótesis nula .....	8
1.4.2. Hipótesis alternativa .....	9
1.4.3. Operacionalización de las variables .....	9
CAPÍTULO II .....	10
2.1. Antecedentes de la investigación .....	10
2.1.1. Antecedentes encontrados en artículos científicos.....	10
2.1.2. Antecedentes encontrados en tesis.....	13
2.1.3. Antecedentes encontrados en artículos de divulgación.....	15
2.2. Bases teóricas.....	16
2.2.1. Fundamentos teóricos de la investigación.....	16

2.2.1.1.	Adsorción del cromo mediante la valorización del ladrillo .....	17
2.2.1.2.	Activación del adsorbente .....	19
2.2.1.3.	El cromo .....	21
2.2.1.4.	Peligros del cromo en la salud y en el medio ambiente.....	21
2.2.2.	Fundamentos metodológicos de la investigación .....	24
2.2.2.1.	Adsorción del cromo mediante la valorización del ladrillo .....	25
2.2.2.2.	Activación del adsorbente .....	27
2.2.2.3.	Valorización del medio ambiente.....	28
2.2.2.4.	Valorización de residuos sólidos .....	32
2.2.3.	Modelo teórico de la investigación.....	35
2.3.	Definición de términos.....	35
CAPÍTULO III .....		39
3.1.	Método, tipo y nivel de la investigación .....	39
3.1.1.	Métodos de la investigación.....	39
3.1.2.	Tipo de la investigación .....	45
3.1.3.	Nivel de la investigación .....	46
3.2.	Diseño de la investigación.....	46
3.3.	Población y muestra.....	47
3.3.1.	Población.....	47
3.3.2.	Muestra.....	47
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	52
3.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	52
3.4.2.	Instrumentos de recolección de datos .....	52
3.5.	Técnicas de análisis y procesamiento de datos .....	52
CAPÍTULO IV .....		54
4.1.	Resultados de la investigación.....	54
4.2.	Discusión de resultados .....	67
CONCLUSIONES.....		72
RECOMENDACIONES .....		73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		74
ANEXOS .....		78

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso típico de curtiembre para la producción de cuero a partir de pieles de animales. ....	3
Figura 2. Imagen que representa a una escombrera o lugar de depósito de residuos de construcción y demolición. ....	18
Figura 3. Representación de una laguna con efluentes de curtiembre con alta concentración de cromo. ....	19
Figura 4. Representación de la distribución molecular propios del proceso de adsorción. ....	26
Figura 5. Diferencia gráfica entre la adsorción y la absorción. ....	26
Figura 6. Categorías de valor económico. ....	28
Figura 7. Diagrama de flujo simple de valoración. ....	30
Figura 8. Modelo teórico de la investigación. ....	35
Figura 9. Proceso de estandarización inicial del adsorbente. ....	48
Figura 10. Estandarización inicial del adsorbente. ....	499
Figura 11. Aplicación del adsorbente a nivel pre-experimental. ....	54
Figura 12. Prueba de normalidad para la capacidad de adsorción. ....	57
Figura 13. Representación de la prueba de hipótesis de ANOVA. ....	58
Figura 14. Resultados para los métodos de tratamiento ....	59
Figura 15. Resultados para el tamaño de partícula ....	60
Figura 16. Resultados por una prueba no paramétrica (capacidad de adsorción respecto al método de aplicación y tamaño de partícula) ....	60
Figura 17. VAN y TIR inicial para la aplicación natural. ....	64
Figura 18. VAN y TIR para la activación térmica. ....	65
Figura 19. VAN y TIR para la activación química. ....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción y operacionalización de las variables.....	9
Tabla 2. Alternativa de tratamiento complementario de aguas residuales.....	20
Tabla 3. Tipos de modelos de adsorción.....	25
Tabla 4. Método natural y métodos de activación de los adsorbentes.....	27
Tabla 5. Principios del manejo de los residuos sólidos relacionados a escenarios de valorización.....	33
Tabla 6. Proceso de separación por tamaño de partícula del adsorbente.....	50
Tabla 7. Aplicación natural y métodos de activación del ladrillo como adsorbente empleado.....	51
Tabla 8. Resultados de la disminución de la concentración de cromo.....	55
Tabla 9. Consolidado de resultados obtenidos.....	56
Tabla 10. Datos de la capacidad de adsorción.....	57
Tabla 11. Cotejo de datos propios del análisis de valorización del ladrillo.....	66

## RESUMEN

**Objetivo:** Se determinó el proceso de valorización del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición aplicado como adsorbente de cromo presente en aguas residuales en la provincia de Huancayo en el año 2018. **Métodos:** Se optó por elegir una muestra representativa en un entorno no paramétrico de ladrillo, para luego estandarizarlo en 3 tamaños diferentes de diámetro (0.5 mm, 1 mm y 1.5 mm) y obtener 9 muestras para cada proceso a realizar y ser sometidas a una muestra de agua residual de curtiembre con contenido de metales pesados y para la adsorción del cromo. Para ello se necesitó una columna pre-experimental (10 ml), agua de curtiembre (6.5 ml) y ladrillo (8 gramos) para cada diámetro. Para la aplicación natural se necesitó un tiempo de agitación de 10 minutos, el método térmico requirió previamente una exposición del ladrillo a una temperatura de 105 °C por 3 horas y el método químico que requirió de la activación de ladrillo con ácido clorhídrico para luego ser llevada a una temperatura de 90 °C por 3 horas, para poder comprobar la concentración inicial y final de cromo de la aplicación natural y de los métodos térmico y químico; se enviaron las muestras iniciales y finales para su análisis de la concentración de cromo al laboratorio V&S Lab. E.I.R.L. de la ciudad de Lima. **Resultados:** Se obtuvo una concentración inicial de cromo de 2.988 mg/l presente en el agua de curtiembre, para la aplicación natural se obtuvo una concentración final de 0.1018 mg/l, 0.1845 mg/l y 0.3303 mg/l para cada tamaño de partícula (0.5, 1 y 1.5 mm) respectivamente; para la activación térmica se obtuvo una concentración final de 0.019 mg/l, 0.045 mg/l y 0.0645 mg/l para cada tamaño de partícula y para la activación química se obtuvo una concentración final de 0.0678 mg/l, 0.1575 mg/l y 0.2455 mg/l para cada tamaño de partícula. **Conclusiones:** Para el proceso de valorización del ladrillo se usó la técnica costo y beneficio que nos permitió identificar los impactos ambientales, el rendimiento de los procesos de acuerdo a los resultados del laboratorio de la aplicación natural, el método térmico y el método químico son iguales según el análisis de ANOVA, el VAN y TIR define el proceso adecuado ya que el método natural rinde igual sin tratamientos, económicamente no es necesario hacer la activación térmica y activación química debido al rendimiento. El proceso de valorización del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición aplicado como adsorbente de cromo presente en aguas residuales en la provincia de Huancayo en el año 2018 es el proceso natural por la parte económica.

**Palabras clave:** métodos de activación del adsorbente, cromo, residuo de construcción y demolición, ladrillo, valorización, aguas residuales.

## ABSTRACT

**Objective:** To determine the process of optimal valorization of the brick generated in construction and demolition activities applied as chromium adsorbent present in wastewater in the province of Huancayo in 2018. **Methods:** The associated deductive, analytical and observational method of the scientific method was used, as well as the research was applied and of exploratory level for the local context. It was decided to choose a representative sample in a non-parametric brick environment, to then standardize it in 3 different sizes (0.5 mm, 1 mm and 1.5 mm) and obtain 9 samples for each process to be carried out to be subjected to a residual water sample. of tannery containing heavy metals and especially focused on the adsorption of chromium. For this, a pre-experimental column of 10 ml, 6.5 ml of tannery water, 8 grams of brick in each of its sizes, a stirring time of 10 min for the natural application, a thermal method that previously required an exposure, were needed. at high temperatures and chemical method that requires activation with hydrochloric acid, to be able to check the initial and final concentration of chromium of the aforementioned processes, the samples subjected to adsorption and the standard sample were sent for analysis to the V & S Lab. the city of Lima. **Results:** An initial chromium concentration of 2,988 mg / l present in the tannery water was obtained, for the natural application a final concentration of 0.1018 mg / l, 0.1845 mg / l and 0.3303 mg / l was obtained for each particle size (0.5, 1 and 1.5 mm) respectively; for thermal activation a final concentration of 0.019 mg / l, 0.045 mg / l and 0.0645 mg / l was obtained for each particle size and for chemical activation a final concentration of 0.0678 mg / l, 0.1575 mg / l and 0.2455 mg was obtained / l for each particle size. **Conclusions:** For the process of valuation of the brick, the cost and benefit technique was used that allowed us to identify the environmental impacts, the performance of the processes according to the results of the laboratory of the natural application, the thermal method and the chemical method are equal according to the ANOVA analysis, the VAN and TIR defines the appropriate process since the natural method performs the same without treatments, economically it is not necessary to do thermal activation and chemical activation due to performance. The process of valorization of the brick generated in construction and demolition activities applied as a chromium adsorbent present in wastewater in the province of Huancayo in 2018 is the natural process for the economic part.

**Key words:** methods of activation of the adsorbent, chrome, construction and demolition waste, brick, recovery, sewage water.

# INTRODUCCIÓN

En el entorno internacional el escenario de contaminación ambiental aún persiste y la preocupación por solucionarlo muchas veces queda solo en ideas. Asumiendo como tal la problemática y realidad nacional enmarcada en dicho escenario de desequilibrio, aún persisten situaciones puntuales como el tratamiento de las aguas residuales y el tratamiento de residuos sólidos de diversas fuentes de generación (1). En tal sentido, se propone el ladrillo como alternativa de valorización de residuos, en específico uno de los más representativos del entorno de la construcción y demolición: el ladrillo tras su estandarización, en un escenario de adsorción de uno de los elementos más peligrosos para el ecosistema si se encuentra en concentraciones altas: El Cromo, sumado a ello el interés de conocer el medio por el cual se puede lograr una capacidad de remoción óptima mediante la intervención de la aplicación directa o un medio de activación térmico o químico.

En el primer capítulo se detalla el planteamiento y formulación de problemas, haciendo énfasis nuevamente en la problemática que se tiene en la actualidad respecto de la realidad nacional y local; se planteó como objetivo general de la investigación: Determinar el proceso de valorización del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición aplicado como adsorbente de cromo presente en aguas residuales en la provincia de Huancayo en el año 2018, formulando también objetivos específicos relacionados a los métodos de activación del adsorbente, así como relacionándolos con su capacidad de remoción de la concentración excedente de cromo; de modo complementario también se presentan hipótesis como tentativas respuestas a la investigación, así también las justificaciones e importancia que guardan relación con la obtención de conocimientos en sentido de aporte científico y, finalmente, se describen a las variables tras su operacionalización.

En el segundo capítulo se expone el marco teórico conceptual, el cual abarca a los antecedentes del estudio, a los fundamentos teóricos y metodológicos, al modelo teórico y a la definición de términos; se detallan en forma contextualizada entornos de estudios ya realizados y presentados en artículos científicos y tesis que apoyen a la presente, además de que sirvan para el apartado de discusión de resultados de manera parcial; en los fundamentos se abarcan entornos relacionados a las variables: el entorno de adsorción, la valorización de residuos de construcción, los recursos hídricos impactados y la valorización

de la aplicación mediante el entorno de validación por el análisis del período de retorno de inversión.

En el tercer capítulo se hace énfasis al entorno de la metodología de la investigación, plasmando como tal al método de la investigación deductivo y de corte específico observacional, de modo que se plantea al método científico como implícito a la investigación; el alcance de la investigación abarcó a la elección de un tipo, nivel y diseño de la investigación: aplicado, exploratorio-correlacional y pre-experimental de corte transversal respectivamente. La población y muestra de la investigación se constituyeron por el ladrillo generado en actividades de construcción, el mismo que fue estandarizado para alcanzar el tamaño de partícula ideal en un entorno no probabilístico; la técnica de recolección de datos empleada fue la observación y su instrumento correspondiente la ficha de observación incluída una cadena de custodia.

En el capítulo final de la investigación se exponen los resultados y la discusión de los mismos, obteniendo que la aplicación directa del adsorbente, así como tras su activación térmica y química llega a obtener una capacidad de remoción de cromo significativa y validada estadísticamente mediante la prueba de Anova, de modo que se procedió a analizar su entorno de viabilidad de aplicación, llegando al resultado final de que la aplicación directa del adsorbente, es decir sin llegar a activarlo, acarrearía un escenario de significancia de aplicación.

Si bien es cierto el rendimiento de los procesos de acuerdo a los resultados del laboratorio de la aplicación natural, el método térmico y el método químico son iguales según el análisis de anova, el VAN y TIR define el proceso adecuado ya que el método natural rinde igual sin tratamientos, económicamente no es necesario hacer la activación térmica y activación química debido al rendimiento. El proceso de valorización del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición aplicado como adsorbente de cromo presente en aguas residuales en la provincia de Huancayo en el año 2018 es el proceso natural por la parte económica ya que es viable y el potencial de remoción es significativo.

La autora.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1. Planteamiento del problema

Actualmente el recurso vital de todo el planeta “el agua” se ve afectado negativamente por las actividades humanas por el uso de los metales pesados en las últimas décadas en actividades industriales y de producción que ha resultado en un aumento de sustancias tóxicas en el medio acuático según PRASADA y HEMALATHA (2). LAGOS (3) considera que los metales con mayor potencial de contaminación del agua son: cromo, hierro, plomo, zinc; los cuales presentan alto riesgo para la salud por su toxicidad, por su tendencia a la bioacumulación y su persistencia en el medio ya que no pueden ser degradados o destruidos de forma natural; de igual modo considera que dichos metales son introducidos al medio ambiente por las industrias en mayor concentración de los límites establecidos por la normativa ambiental, impactando negativamente a la salud humana y al ecosistema al exceder los niveles máximo permisible y los estándares de calidad. Según DÍAZ-CUENCA (4) “las experiencias en el tratamiento de aguas residuales han mostrado que el éxito de la remoción no se debe exclusivamente a la disponibilidad de las técnicas, sino a la interacción de diversos aspectos económicos, socioculturales, biofísicos y políticos-administrativos que comprende un

territorio”, evidenciando como tal que el impacto positivo del tratamiento de aguas residuales favorece la sostenibilidad de un entorno, caso contrario ocurre en sectores informales productivos en incremento, pues el entorno y todos sus componentes se verían afectados; complementariamente a ello y con la finalidad de lograr una preservación del recurso hídrico tras la implementación de sistemas de tratamiento, la AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA “ANA” (5) hace referencia a la propia intervención eficiente de dicho tratamientos considerando a las condiciones propias de los lugares objeto de estudio o de potencial intervención de su mitigación ambiental, proponiendo entornos complementarios propio de tratamientos especiales, como potencialmente la aplicación de adsorbentes, reductores, etc., obtenidos a través de la valorización de residuos, recirculación por lechos de filtrado, etc.

Actualmente, la industria de curtiembres juega un rol principal en el desarrollo de la economía en varios países mediante la generación de empleo y exportaciones de sus productos. Hasta el 2004 se reportaron 6957 industrias de curtiembre en la Unión Europea (UE) (6) y 90 industrias en los Estados Unidos (EE. UU.) (6). En este último país, dicha industria produjo en el 2002 cerca de 34,5 millones de cueros e importaron una cantidad de 2 millones del citado material a Canadá. Los cueros fueron también importados en estado “wet blue” (cuero curtido) (6). Tanto en la UE y los EE. UU. la industria del cuero mantiene una normativa por una severa legislación medioambiental con el fin de mitigar el impacto medio ambiental producto de las actividades de dicha industria. Asimismo, la comunidad científica está desarrollando nuevos procesos “eco-friendly” de curtiembre para poder reemplazar algunos de los insumos empleados por esta manufactura (6).

En el Perú, la situación de la industria de curtiembre es bastante crítica dado que la mayoría de empresas de cuero son informales, están ubicadas cerca a zonas residenciales, representando un peligro para la salud de las personas y un gran problema ambiental. Debido a que muchas de estas industrias vierten sus aguas residuales sin tratamiento a efluentes fluviales y similares. A esto se suma que, en el Perú, la legislación y fiscalización medio ambiental están en estado incipiente.

Dentro de las diferentes etapas del proceso de curtiembre (ver Figura 1), se emplean diversos insumos para producir el cuero. Uno de estos insumos que contiene cromo (Cr) es empleado como sulfato de hidróxido de cromo ( $\text{CrOHSO}_4$ ) en la etapa de curtido y recurtido del cuero tal como se aprecia en la Figura 1. El uso de esta sal genera en el proceso de curtiembre aguas residuales con alto contenido en cromo, específicamente  $\text{Cr}^{+3}$ , que luego son vertidas sin ningún proceso de tratamiento ya sea al alcantarillado público o los drenajes en casos de empresas situadas en parques industriales.

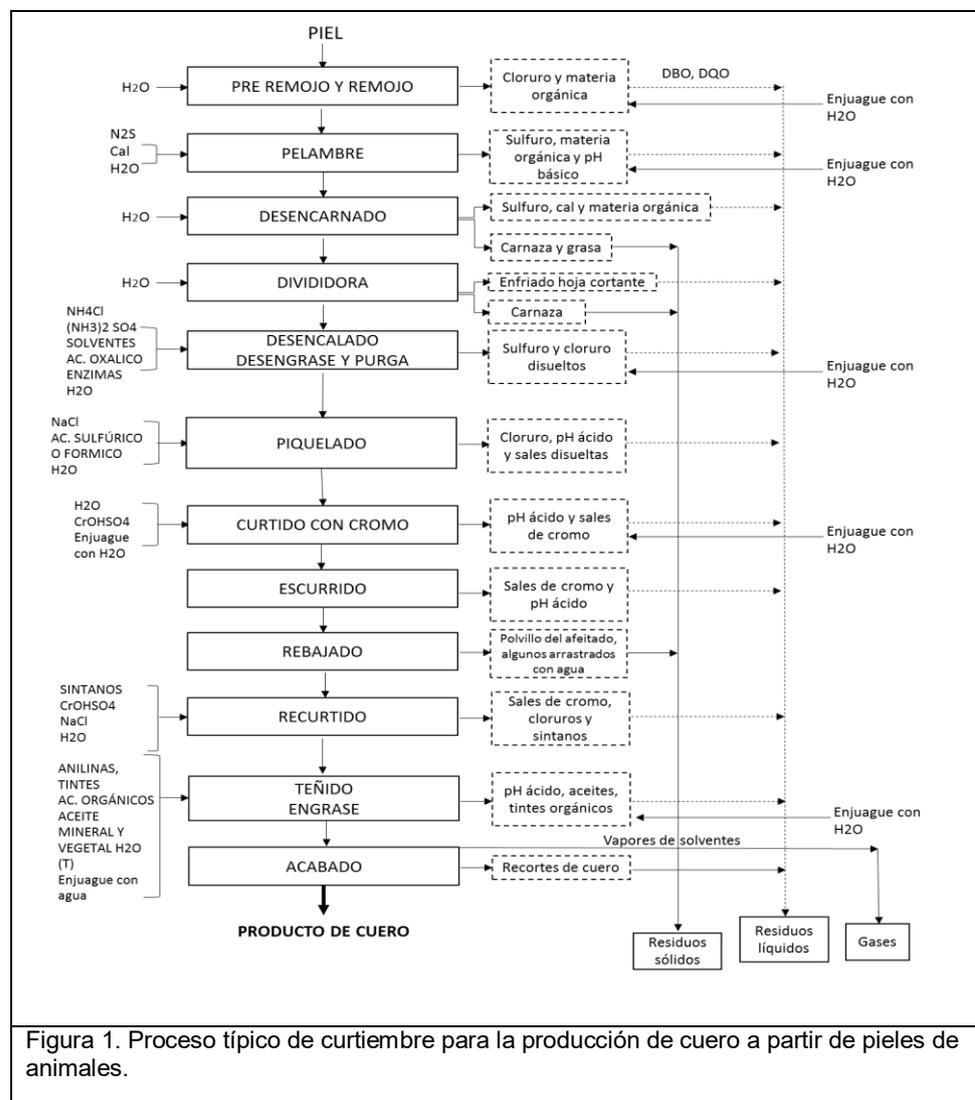


Figura 1. Proceso típico de curtiembre para la producción de cuero a partir de pieles de animales.

Por otro lado ROMERO (7) considera como residuos de construcción y demolición a aquellos que se generan en el entorno urbano, tras la

construcción de nuevas edificaciones y el mejoramiento de otras, pero que presentan características especiales: son inertes y están constituidos por mezclas de tierra, restos de pavimentos, ladrillos, cristales, yesos, maderas, etc. Se menciona que al realizar depósitos inadecuados de estos residuos “no sólo se está perdiendo o desaprovechando energía y material potencialmente reutilizable, reciclable o valorizable, sino que además, se afecta negativamente el entorno”, demostrando un potencial escenario de valorización residual; por otro lado el Organismo de Evaluación y Fiscalización ambiental (OEFA) (8) considera que, “las aguas residuales generadas por las empresas de curtiembres, fábricas de colas y derivados del cuero no cuentan con un sistema de tratamiento adecuado, lo cual estaría ocasionando la alteración ambiental de la zona, así como malestar en los habitantes de zonas aledañas”, evidenciando de tal modo el enlace de ambas situaciones problemáticas y teniendo en cuenta que uno de los contaminantes peligrosos que genera la industria de curtiembre es el cromo, se da la iniciativa de valorizar el ladrillo, como residuo de construcción y demolición (RCD), para remover la concentración de cromo en las aguas residuales de las empresas de curtiembres de modo que el ambiente se observe con un menor impacto negativo, considerando alternativas de activación y optimización de las condiciones de adsorción del ladrillo residual, Un aspecto importante a tener en cuenta cuando se aborda el estudio de la toxicología del cromo, en sentido de su peligrosidad, abarca a que éste se presenta en la doble relación respecto de su disponibilidad físico/química y/o valencia y que a través de ella ejerce un efecto sobre la salud de las personas: por una parte, el cromo en su valencia 3+ (trivalente) se comporta como un elemento esencial para la vida al intervenir en procesos bioquímicos y fisiológicos indispensables, mientras que en su estado de valencia 6+ (hexavalente), se comporta como un elemento no esencial altamente tóxico para la salud del individuo y para el ambiente en términos de bioacumulación reflejando escenarios de baja capacidad de resiliencia del medio ambiente.

TOMASINI (9) considera que la degradación o pérdida de recursos ambientales constituye un problema económico porque trae aparejada la desaparición de valores importantes, a veces de forma irreversible. Cada

alternativa o camino susceptible a seguir respecto a un recurso ambiental redundante en pérdidas o ganancia de valores, solo se puede decidir cómo usar un recurso ambiental determinado si los índices actuales de destrucción del mismo son excesivos si éstas ganancias y pérdidas se analizan y evalúan correctamente. La calidad ambiental es parte del bienestar social que el desarrollo pretende ofrecer, pero los problemas ambientales pueden entorpecer el logro del desarrollo sostenible. Es por ello que sugiere tomar estrategias adecuadas para un manejo sustentable de los recursos y valorar el ambiente.

### 1.1.2. Formulación del problema

#### A) Problema general:

- ¿Cuál es la valorización del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición aplicada como adsorbente de cromo presente en aguas residuales en la provincia de Huancayo en el año 2018?

#### B) Problemas específicos:

- ¿Cuál es la capacidad de remoción de cromo presente en aguas residuales mediante la aplicación como adsorbente de cromo el ladrillo generado en actividades de construcción y demolición en la provincia de Huancayo por la aplicación natural en el año 2018?
- ¿Cuál es la capacidad de remoción de cromo presente en aguas residuales mediante la aplicación como adsorbente de cromo el ladrillo generado en actividades de construcción y demolición en la provincia de Huancayo activado químicamente en el año 2018?
- ¿Cuál es la capacidad de remoción de cromo presente en aguas residuales mediante la aplicación como adsorbente de cromo el ladrillo generado en actividades de construcción y demolición en la provincia de Huancayo activado térmicamente en el año 2018?

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo general

Determinar la valorización del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición aplicada como adsorbente de cromo presente en aguas residuales en la provincia de Huancayo en el año 2018.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la capacidad de remoción de cromo presente en aguas residuales mediante la aplicación del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición en la provincia de Huancayo por el método natural en el año 2018.
- Determinar la capacidad de remoción de cromo presente en aguas residuales mediante la aplicación del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición en la provincia de Huancayo activado térmicamente en el año 2018.
- Determinar la capacidad de remoción de cromo presente en aguas residuales mediante la aplicación del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición en la provincia de Huancayo activado químicamente en el año 2018.

## 1.3. Justificación e importancia

### 1.3.1. Justificación práctica

La presente investigación se justifica en su ¿para qué?, los conocimientos obtenidos, mediante la aplicación de un entorno científico-metodológico, se enfoquen en la réplica y/o diseño de alternativas que puedan ser implementadas propiamente para la descontaminación de efluentes con

presencia de cromo, de manera no convencional o práctica-inmediata que refleje viabilidad y consistencia; de igual manera, la presente se justifica en su ¿por qué?, con la finalidad de obtener la valorización del ladrillo de construcción y demolición, de modo que la reutilización propia de un residuo inorgánico como tal, fuera de su entorno valorizable en la construcción que evidencie un entorno y direccionamiento respecto de la sostenibilidad relacionada a la mitigación de los impactos ambientales.

### 1.3.2. Justificación metodológica

Metodológicamente, la presente se justifica en el alcance de un aporte científico mediante la evaluación, el análisis y la comparación oportuna entre el objeto de estudio propiamente dicho abarcando como tal el método natural y los métodos de activación químico y térmico, de modo que no sea un simple experimento de comprobación respecto de sólo una capacidad de adsorción asociada a la remoción de cromo, sino la elección entre tres alternativas de modo que la réplica de los conocimientos obtenidos se refleje con un ideal de significancia alta y representatividad respecto de su aplicación en posteriores investigaciones.

### 1.3.3. Justificación científica

La presente se justifica en su entorno científico por el empleo del método científico como tal respecto de su delimitación metodológica (investigativa). El hecho de cumplir con los procesos del método científico, de relevante importancia la observación como proceso inicial, llevó a obtener resultados representativos reflejados en la consistencia del aporte científico validado en un entorno comparativo y sostenido mediante la discusión de resultados propiamente dicho en un capítulo posterior; el obtener conocimientos específicos y representativos en un entorno científico respecto de la valorización de los residuos de construcción y demolición, así como del potencial tratamiento de efluentes industriales con presencia de cromo,

reflejará un antecedente significativo de réplica y complementación con el objeto de apuntar a la mitigación de impactos ambientales muy significativos en todo nivel ecosistémico.

#### 1.3.4. Importancia

La importancia de la investigación se evidenció por tratar un tema novedoso en el lugar de estudio relacionado a una opción para el tratamiento convencional de las aguas residuales, en específico de un sector impactante negativamente que se mantiene en la informalidad, como es el de curtiembre o productor de cuero animal con fines comerciales. Determinar una alternativa de aplicación o activación óptima del adsorbente propuesto en la presente luego de someterlos a una comparación nos llevará a tomar decisiones adecuadas es decir un nuevo conocimiento que se obtenga evidenciaría complementariamente una alternativa eficiente de mitigación del mencionado escenario de contaminación como la remoción de un metal pesado relevante mediante la aplicación de residuos de construcción y demolición que vienen siendo generados a mayor escala en los últimos años como son los ladrillos, ser valorizado ambientalmente, poder reducir la generación de escombrera y validar un método que se enfoque en la preservación de recursos hídricos.

#### 1.4. Hipótesis (formuladas como validación de la investigación) y variables

##### 1.4.1. Hipótesis nula

H0: El proceso de valorización adecuada del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición aplicada como adsorbente de cromo presente en aguas residuales en la provincia de Huancayo en el año 2018 no se logra mediante la aplicación directa del adsorbente.

#### 1.4.2. Hipótesis alternativa

Ha: El proceso de valorización del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición aplicada como adsorbente de cromo presente en aguas residuales en la provincia de Huancayo en el año 2018 se logra mediante la aplicación directa del adsorbente.

#### 1.4.3. Operacionalización de las variables

Tabla 1. Descripción y operacionalización de las variables.

<b>Variables</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Conceptualización</b>	<b>Categorías</b>	<b>Indicadores</b>
Valorización del RCD ladrillo en un entorno de aplicación como adsorbente inorgánico.	Dependiente	Es el reaprovechamiento de los residuos, recuperación de subproductos y volverlos materia prima.	Valorización de ladrillo. Método de validación de la valorización.	Reutilización Viabilidad de reciclaje del ladrillo (VAN y TIR).
Métodos de activación del adsorbente inorgánico: ladrillo.	Independiente	Se entienden por los métodos de optimización relacionados a la capacidad de remoción por la mejora de los sitios activos asociados a la adsorción; son los métodos por el cual el adsorbente empleado tiende a retener mayores iones de cromo.	Métodos de activación. Adsorción de cromo.	Aplicación directa. Térmica. Química. Capacidad de remoción de cromo.

Fuente: elaboración propia.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes encontrados en artículos científicos

En la investigación titulada: “Uso de arcillas especiales para depuración de aguas residuales” se planteó el objetivo de “evaluar la eficacia de las arcillas especiales para la remoción de metales pesados de aguas residuales”. En sus resultados mencionan que se caracterizaron inicialmente varios tipos de arcilla, así como el agua procedente de tres efluentes industriales: los componentes de la arcilla fueron: “sepiolita: montmorillonita (76 %); bentonita magnésica: vermiculita (74.4 %); bentonita alumínica: esmectita (69.1 %) y paligorskita (80 %)”; mientras que las características de los efluentes fueron: presencia de metales pesados disueltos en un 80 %; tras el entorno experimental llegaron al resultado que la sepiolita y la bentonita magnésica reflejaron una mayor eficacia respecto de la reducción de la concentración de los metales pesados, ello después de un tiempo de contacto de 3h. Concluyeron que “la adsorción depende del pH, del contenido de metales y del contenido de sólidos en suspensión en las aguas”, así como consideran que la presencia de esmectita y vermiculita, en un entorno elevado, favorece a la capacidad de adsorción (10 págs. 3-10).

En el artículo de investigación titulado: “Elucidación del efecto del pH en la adsorción de metales pesados mediante biopolímeros naturales: cationes divalentes y superficies activas”, se planteó el objetivo de “evaluar diversos biosorbentes con diferentes grupos funcionales activos ante dos diferentes iones metálicos divalentes para analizar el rol del pH que condiciona la eficiente interacción entre el catión metálico y la superficie polar y/o cargada del adsorbente”. En sus resultados mencionan que el pH influye significativamente en la reacción química por la propia acidez de los cationes, generando un estado de competencia en el intercambio iónico propiamente dicho respecto de los sitios activos disponibles; como conclusiones, proponen que se realicen estudios profundos respecto del intercambio iónico a través de la aplicación de adsorbentes “menos” vulnerables y que consideren una formación multicapa respecto de la asociación de los iones adsorbidos; puntualmente consideran que “la acidez del catión y de los grupos funcionales del adsorbente son los responsables de la selectividad y eficiencia del proceso”, además de que la reticulación, o método de activación de los adsorbentes, tiende a incrementar la capacidad de adsorción por la generación de un orden adecuado respecto del proceso de saturación de sitios activos (11 págs. 113-126)

En la investigación titulada “Aplicaciones de los minerales arcillosos de Cayo Guan, Cuba, como adsorbentes de metales pesados y materia prima cerámica” establecieron como objetivo el “conocer la posibilidad de orientarlas, en correspondencia con su comportamiento térmico, propiedades tecnológicas y contenido de hierro, y estudiar su utilización en estado natural o activadas químicamente, para la inmovilización de metales pesados como el cadmio y el cromo en aguas residuales”. En sus resultados mencionan que, al incidir un cambio de temperaturas como método de activación térmica, se generan escenarios de “deshidroxilación, deshidratación y descomposición”, lo cual, a mayor temperatura incidida, se generan mayores opciones de remoción o retención de iones; así también consideran que la activación a bajas temperaturas, genera un escenario imperceptible de optimización frente a la adsorción de iones (por

parte de los minerales estudiados: caolinita, gibsita y goethita). Concluyen puntualmente que las muestras minerales analizadas “presentan un buen comportamiento para ser utilizadas como adsorbentes de iones Cr debido a su alto contenido de oxi-hidróxidos de hierro y aluminio, y después de su activación ácida con HCl para los iones de Cd”, reflejando que la activación térmica influye directamente en la adsorción de cromo, mientras que la activación química en la del cadmio (12 págs. 261-268).

En el artículo científico titulado “Eliminación de cromo de efluentes ácidos, mediante adsorción con wollastonita natural” plantearon como objetivo general el “proponer una técnica sencilla y práctica: utilizar un material accesible, económico y de gran importancia regional en el Estado de Sonora, como la wollastonita, para separar iones de cromo de soluciones sintéticas de cromo (VI) en medio ácido, como una alternativa a los procesos de remoción convencionales”. En sus resultados mencionan que se logró una capacidad de adsorción variante entre 25 % y 76 % aplicando a la wollastonita natural como adsorbente por un período de 120 minutos; sostienen que la capacidad de adsorción mayor se observó a una menor temperatura y a una mayor concentración de cromo, así como mayor relación sólidos líquido, así como la capacidad menor a condiciones similares o iguales tendiendo a ser poco significativas. Concluyen que la aplicación del material adsorbente (considerado como un residuo mineral no metálico en su entorno de valorización) utilizado es óptimo frente a la remoción de cromo en un medio ácido; sus condiciones ideales de adsorción fueron las siguientes: “adsorbente (wollastonita): 0.04 g de w/mL de solución; 2.5 ppm de Cr en solución y a 50°C” (13 págs. 18-22).

En la investigación titulada “Arcillas esmectíticas de la Región Norpatagónica Argentina como barreras hidráulicas de rellenos sanitarios y agentes de retención de metales pesados” se propuso el de estudio “evaluar la conductividad hidráulica y la capacidad de retención de metales pesados de dos arcillas esmectíticas con el fin de determinar sus aptitudes como barreras hidráulicas y geoquímicas de rellenos sanitarios”. En sus

resultados y conclusiones consideran que la conductividad hidráulica en los adsorbentes inorgánicos, como son los minerales, se encuentran condicionados por el “hinchamiento” provocado por fenómenos de hidratación; respecto de la capacidad de adsorción de metales pesados tras la aplicación de arcillas o minerales (adsorbentes inorgánicos) se obtuvo que la isoterma de Langmuir presentó un ajuste adecuado respecto del proceso, es así que el fenómeno indicó “una afinidad relativamente alta de los metales por las arcillas a concentraciones bajas” (14 págs. 141-152).

### 2.1.2. Antecedentes encontrados en tesis

En la Tesis titulada “Estudio de la remoción de Cr (VI) presente en soluciones acuosas empleando en silicato natural y modificado”, en la que propuso como objetivo general “evaluar el efecto que genera la modificación del tezontle, sobre el aumento de su capacidad de la remoción de Cr (VI) en soluciones acuosas en un proceso de flujo continuo, así como determinar los mecanismos de adsorción”, se llegó a las siguientes conclusiones (15 págs. 1-78):

- El adsorbente utilizado logró una capacidad de adsorción/remoción del 53 % para un tiempo de 24 horas; el mismo fue aplicado en un sistema continuo, el cual logró un porcentaje de 78 %, evidenciando un incremento respecto de la eficiencia de remoción en la aplicación respecto de un efluente.
- Respecto del pH, la mayor capacidad de adsorción se evidenció a un pH de 2 en una solución de cromo hexavalente que contuvo una concentración de 20 mL.
- La interacción entre el adsorbente y el adsorbato fue de tipo químico por la presencia de silicato de cromo  $-Cr_2(SiO_4)-$  y óxido de calcio  $-Ca_5(CrO_4)_3O_{0.5}-$ .
- La reducción del tamaño de partícula del adsorbente actuó directamente proporcional a su capacidad de adsorción: a menor tamaño de partícula menor capacidad de adsorción.

En la Tesis titulada “Evaluación del nivel de eficiencia de un tratamiento primario con un filtro artesanal elaborado con bagazo de caña de azúcar, arena, ladrillo triturado y piedra pómez, para el tratamiento del efluente producido por una lavadora de autos”, se propuso el objetivo de “evaluar el nivel de eficiencia de un tratamiento primario con un filtro artesanal elaborado con bagazo de caña de azúcar, arena, ladrillo triturado y piedra pómez, para el tratamiento del efluente producido por una lavadora de autos”, llegando a las siguientes conclusiones (16 págs. 1-57):

- El tiempo de retención respecto de la hidráulica del sistema fue de 90 segundos para el ladrillo, el cual resultó ser el mayor respecto de los demás filtrantes excepto por la arena de 46 minutos.
- Respecto de la capacidad de tratamiento del sistema, éste fue de un 88 % en sentido de retención de contaminantes suspendidos en el filtro.
- Menciona que el sistema funciona con mayor eficiencia para la depuración de hidrocarburos totales (96 %).
- El pH del medio se mantuvo entre 7.7 y 7.5 tras la implementación del filtro.

En la Tesis titulada “Efecto del pH y el tiempo de contacto en la adsorción de cromo hexavalente en solución acuosa utilizando montmorillonita como adsorbente” en la que se planteó el objetivo general de “evaluar el efecto del pH y el tiempo de contacto en la adsorción de cromo hexavalente en solución acuosa utilizando montmorillonita como adsorbente, procedente del yacimiento “Doña Herminia S.A.” de la localidad de Chupaca-Chongos Bajo”, se llegó a las siguientes conclusiones (17 págs. 1-127):

- Los datos que arrojó la caracterización fisicoquímica del adsorbente fueron: para el modelo de BET el área superficial fue de 82.88 m<sup>2</sup>/g; “las vibraciones de tensión de los grupos funcionales hidroxilo (OH) son los responsables del proceso de adsorción debido a las interacciones de los grupos silanol (Si-OH) y aluminol (Al-OH)”; existe la presencia de cuarzo y feldespato como “impurezas” respecto del entorno mineralógico.

- La masa óptima respecto del proceso de adsorción del Cr(VI), “en 50 mL de solución de 20 mg/L”, fue 17 gramos, encontrando constancia respecto del proceso de adsorción a partir de dicha masa.
- El pH adecuado para la adsorción (eficiencia de la capacidad) fue de 2, “debido a la fuerte atracción entre el adsorbente cargado positivamente por la protonación de los sitios activos y el adsorbato cuya especie aniónica predominante es el ión bicromato ( $\text{HCrO}_4^-$ )”.
- La capacidad de adsorción se vio incrementada respecto de una capacidad de contacto mayor, el cual fue de 24h, logrando así la saturación efectiva del adsorbente.
- La capacidad de adsorción fue de 95.21 %, logrando reducir una concentración de 20 mg/L a 0.957 mg/L, manteniéndose por debajo de los límites máximos permisibles.
- El modelo que se adecúa al proceso es el de Freundlich, “donde mediante el ajuste lineal de dicho modelo matemático se obtuvo un coeficiente de correlación de  $R^2 = 0.9887$ ”, evidenciando la generación de un mecanismo multicapa de adsorción respecto de la superficie heterogénea del adsorbente utilizado.

### 2.1.3. Antecedentes encontrados en artículos de divulgación

En el artículo titulado “Adsorción de Pb (II) de soluciones acuosas por medio de ladrillo particulado” en la que plantearon como objetivo “evaluar mediante isotermas la adsorción de Pb(II) procedente de una solución de nitrato (1 g/L agua) utilizando ladrillo particulado”, se presentaron resultados donde se evidencia la utilización del ladrillo como adsorbente a un tamaño de partícula de 4 mm de diámetro considerando dos alternativas de aplicación: una sin activar y otra activada mediante el método “termo ácido”; las muestras de ladrillo fueron obtenidas de las actividades productivas artesanales ladrilleras de Palian, Huancayo. El valor estimado respecto de la capacidad de adsorción del ladrillo fue de 0.72 kg de Agua/1 kg de ladrillo, considerando de que el ladrillo no es un adsorbente convencional; complementariamente, el método de activación se realizó empleando  $\text{HCl}_2\text{N}$  durante 6 h a una temperatura de 60°C. Se concluye

que el pH en valores básicos evidencia valores altos de adsorción, asimismo, el experimento se ajusta más a lo propuesto por la isoterma de Freundlich, puesto que el ensayo a una mayor temperatura (40°C frente a 18°C) y a una equivalencia de 1.8 g de ladrillo/20 cc de solución evidenció valores altos de adsorción tras la activación apropiada del material adsorbente (18).

En el artículo titulado “Gel de sílice modificado como adsorbente de cromo en aguas residuales” se formuló el objetivo de “plantear la posibilidad de separar de las aguas residuales el Cr<sup>3+</sup> desechado por industrias como las del curtido de pieles, mediante la utilización de Gel de Sílice modificado como adsorbente del metal”. En sus resultados muestra que el adsorbente fue activado o “valorado potenciométricamente” mediante la aplicación del ácido clorhídrico (HCl); a partir de ello fue aplicado en la solución con Cr<sup>3+</sup>, siendo validado por el modelo de Langmuir por mostrar un orden de adsorción a nivel de monocapa formando enlaces químicos en especial con el grupo superficial -NH<sub>2</sub>; de igual modo, menciona que “la adsorción de cromo sobre APG -adsorbente empleado- disminuye linealmente con el decrecimiento del pH del medio”. En sus conclusiones menciona que “se obtiene una capacidad de monocapa de 16.46 mg de Cromo por gramo de adsorbente y una constante de equilibrio de 0.22”; complementariamente, considera que para obtener una optimización respecto de la capacidad de adsorción en la aplicación propiamente del adsorbente en un efluente contaminado debería de considerarse su nivel de acidez de modo que el tratamiento sea eficiente (19).

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Fundamentos teóricos de la investigación

#### 2.2.1.1. Adsorción del cromo mediante la valorización del ladrillo

##### *Adsorción.*

Según la UNIVERSIDAD DE VALENCIA (20) la adsorción se representa por la adhesión física de moléculas o iones sobre la superficie de algún material que represente una capacidad de retención o remoción; en términos fisicoquímicos, tiende por ser un proceso de separación de iones de un medio, fluido o gas, mediante su adhesión en superficies sólidas con sitios activos disponibles; a diferencia de la absorción, en la adsorción se presentan fuerzas de atracción física sobre la pared del adsorbente, sin generar mezclas o intercambio de características entre ambos actuantes. El proceso de adsorción se encuentra representada por modelos cuantitativos, números o matemáticos que reflejan un estado de equilibrio tras la consideración de propiedades o condiciones intrínsecas del proceso propiamente dicho. Dichas condiciones abarcan al tamaño de partícula del adsorbente, a las propiedades de acidez del adsorbato, a la saturación propia del elemento a adsorber, al tiempo de contacto entre el adsorbato y el adsorbente, etc. Su consideración de formación de capas de adsorción es lo que las diferencia, de modo que la distribución de los iones adsorbidos tiene una relevancia significativa respecto de la validación de un modelo en específico.

##### *Valorización del ladrillo como residuo de construcción y demolición.*

Según la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (21), entorno de los procesos derogados: reaprovechamiento y comercialización, viene a ser el proceso de valorización de los residuos, el mismo que puede darse a nivel de segregación en la fuente mediante los mecanismos que engloban a las 3Rs: reutilización, reciclaje o reuso, o en las plantas de valorización propiamente dicha pero equivalente en su tiempo respecto de la

disposición final propiamente de los mismos. El fin del proceso de valorización se relaciona a no generar espacios de disposición final de residuos, es decir, considerar de que dichos residuos constituyan la materia prima para actividades complementarias o diferentes del fin para que fueron hechos o fabricados en un inicio; puntualmente, el potencial del ladrillo respecto de su generación en la actualidad se refleja en incremento, de modo que, como complemento a lo sostenido en el planteamiento del problema, representa un escenario de valorización significativo, ya sea en su empleo nuevamente en actividades de producción de nuevos materiales pétreos o, como para la presente estudio, en su aplicación como potencial alternativa de tratamiento de aguas residuales con presencia de contaminantes o elementos en saturación o concentración elevada respecto de su capacidad de adsorción.



Figura 2. Imagen que representa a una escombrera o lugar de depósito de residuos de construcción y demolición.

Fuente: propia.

### *Cromo en el agua.*

Según MATTEODA et. al. (22) el cromo está presente en el ambiente de manera natural en concentraciones equilibradas; puntualmente, en el medio hídrico se encuentra en concentraciones imperceptibles en dos estados de oxidación y/o

valencia: +3 o +6: la excedencia de cromo trivalente a causa de la intervención antropogénica no representa un desnivel respecto al equilibrio ecosistémico de toxicidad (tendencia de formación de aniones orgánicos e inorgánicos “susceptibles”), mientras que la forma hexavalente si tiende a ser peligroso (inestable) en medios donde el pH juega un rol fundamental. En sentido de introducción antropogénica de cromo en el ambiente, el citado autor considera que la actividad de curtiembre influye significativamente, puesto que genera concentraciones elevadas que, al entrar en contacto con los componentes ambientales, rebasan su capacidad de adaptación y resiliencia, generando focos de contaminación y degradación ecosistémica por las propiedades del cromo frente a su potencial de bioacumulación en los componentes del medio, alterando cadenas de distribución ecosistémica y por ende generando un escenario de contaminación ambiental a nivel superficial y subterráneo.



Figura 3. Representación de una laguna con efluentes de curtiembre con alta concentración de cromo.

Fuente: MATTEODA et. al. (22 pág. 625).

#### 2.2.1.2. Activación del adsorbente

### *Tratamiento de aguas residuales*

Según RAMALHO (23) existen tecnologías que representan una potencial implementación convencional o técnica, además de otras no convencionales o empíricas, para el tratamiento de aguas o efluentes residuales, que dependen del nivel de la calidad del efluente (considerando parámetros, concentraciones y condiciones); en las descargas de agua (originadas por la acción del hombre a nivel doméstico o industrial) se mantiene una persistencia respecto a la presencia y concentración elevada de contaminantes, por lo que es necesario tener en cuenta tratamientos o procesos con un enfoque complementario (no convencional o terciario) que garanticen un adecuado nivel de descarga, que se mantenga por debajo de los estándares de calidad ambiental (por ejemplo la aplicación de adsorbentes, etc), así como de los límites permisibles, que son estipulados multisectorialmente según la normatividad vigente a nivel nacional.

Tabla 2. Alternativa de tratamiento complementario de aguas residuales.

---

Tratamientos terciarios (avanzados)
Aplicación de adsorción por carbón activado; precipitación y coagulación; intercambio iónico; ósmosis inversa; diálisis; electrocoagulación; cloración y ozonización.

---

Fuente: RAMALHO (23 pág. 9).

### *Alternativas de activación de los adsorbentes*

Según LAVADO et. al. (24) considera que existen alternativas de optimización respecto a la capacidad de adsorción mediante la activación de los adsorbentes respecto a la disposición de sitios activos, así como sus propiedades de interrelación molecular. Propone que la activación química se realice mediante el empleo de agentes activantes, como el ácido clorhídrico o el ácido

fosfórico, el empleo de ácidos que permitan mejorar la predisposición de las condiciones de contacto y adsorción; complementariamente, autores citados en la sección de antecedentes consideran como método de activación la influencia de la temperatura sobre el medio adsorbente. El sustento del uso de medios activantes, se da para considerar alternativas que puedan influenciar en las propiedades del adsorbente, generando así un escenario de disposición adecuada de sitios activos o propiedades del adsorbente que se relacionen de una manera adecuada con las cualidades de los adsorbatos.

#### 2.2.1.3. El cromo

El Cromo (Cr) es un metal con número atómico 24, del grupo VIB de la tabla periódica y peso molecular 51,996. Blanco plateado, brillante, duro y quebradizo, resistente a la corrosión. Se encuentra en estados de oxidación +2, +3, +6. El estado hexavalente Cr (+6) el más importante toxicológicamente, presente en los cromatos, dicromatos y el ácido crómico. Es un oligoelemento presente en el organismo en forma trivalente Cr (+3), indispensable en el metabolismo de la glucosa, colesterol, ácidos grasos y cristalino, involucrado en otros múltiples procesos biológicos.

#### 2.2.1.4. Peligros del cromo en la salud y en el medio ambiente

Hombres y animales están expuestos al Cr por vía inhalatoria (aire, humo del tabaco), por la piel o por ingestión (productos agrícolas, agua). El mayor peligro profesional ha sido el procesamiento del metal de cromita para producir cromatos (Cr+6), se encontró que los trabajadores tenían una frecuencia elevada de cáncer pulmonar. Entre las ocupaciones a riesgo están: minería y trituración, preservación de madera, soldadura, fabricación de cemento, industria de pinturas, industria del cuero. (25).

- Toxicología del Cromo: La toxicidad se debe a los derivados Cr (+6) que, contrariamente a los Cr (+3) penetran en el organismo por cualquier vía con mayor facilidad. El Cr (+6) es considerado carcinógeno del grupo I por la International Agency for Research on Cancer (IARC). El Cr (+3) no ha sido comprobado como carcinogénico.
- Toxicocinética: El Cr se absorbe por vía oral, respiratoria o dérmica. Se distribuye a nivel de médula ósea, pulmones, ganglios linfáticos, bazo, riñón, e hígado. La absorción del Cr (+3) es menor que la del Cr (+6). El Cr (+3) no atraviesa las membranas celulares, uniéndose directamente a la transferrina. El Cr (+6) es rápidamente tomado por los eritrocitos e integrado a otras células por el sistema transportador de sulfatos.
- Metabolismo: El Cr (+6) se reduce rápidamente a (+3) intracelularmente a nivel de mitocondrias y el núcleo. A nivel del citoplasma por reductores intracelulares como el ácido ascórbico, el glutatión, flavo-enzimas y riboflavinas. La reducción intracelular genera intermediarios reactivos como Cr (+5), Cr (+4) y Cr (+3), así como radicales libres hidroxilo y oxígeno. Estas formas reactivas del Cr son susceptibles de alterar el ADN.
- Eliminación: Por vía renal el 60 %, en menor grado por heces (vía biliar), cabello, uñas, leche y sudor (4). En la orina encontramos fundamentalmente Cr (+3) formando un complejo con el glutatión, pues el Cr (+6) es reducido en gran parte a Cr (+3).
- Toxicodinamia: Las manifestaciones tóxicas son generalmente atribuidas a los derivados (+6). Entre otras, la acción tóxica se produce por: acción cáustica directa, sensibilización cutánea, citotoxicidad e inflamación de neumocitos, interacción con biomoléculas, el Cr (+6) induce alteración de cromátidas hermanas, aberraciones Cromosómicas y reacciones cruzadas en la cadena de ADN.

Complementariamente, la exposición ocupacional a Cr (+3) y (+6) ha sido estudiada en diversos procesos industriales, pero se encuentran pocos datos en la literatura sobre la exposición no ocupacional o poblacional a este elemento. En dicho antecedente se analizaron las personas residentes del barrio San Benito, que posee características especiales, como vivir en un barrio predominantemente industrial dedicado a la manufactura y procesamiento del cuero; industria de trayectoria familiar donde se combinan métodos artesanales y técnicos de curtido, no se encuentra delimitada el área industrial de la residencial, existen condiciones ambientales y disposición de residuos industriales deficientes, convirtiendo a su población en personas con un riesgo de exposición al Cr distinto a otras poblaciones. (25) El cromo se encuentra en varios estados de oxidación, siendo los más comunes el cromo (III) y el cromo (VI). El cromo se comporta de dos formas diferentes al ponerse en contacto con el ser humano. El cromo (III) es un oligoelemento, indispensable para procesos bioquímicos y fisiológicos necesarios para la vida, específicamente tiene acciones en el metabolismo de la glucosa, el colesterol y los ácidos grasos además de desempeñar un papel importante en diferentes reacciones enzimáticas.

El cromo (VI) es un elemento altamente tóxico para el ser humano y está clasificado por la IARC (International Agency for Research on Cancer) en el grupo I (cancerígeno comprobado en humano) ya que en exposición ocupacional produce cáncer en el sistema respiratorio. (26). Un aspecto importante a tener en cuenta cuando se aborda el estudio de la toxicología del cromo, son las especies químicas que presenta y la doble relación que a través de ellas ejerce sobre la salud del individuo. Por una parte, el cromo en su valencia 3+ (trivalente), se comporta como un elemento esencial para la vida, al intervenir en procesos bioquímicos y fisiológicos indispensables. Por otra parte, en su estado de valencia 6+ (hexavalente), se comporta como un elemento no esencial altamente tóxico para la salud del individuo. (26)

Respecto de la peligrosidad del cromo al medio ambiente, se tiene que las actividades industriales generan una contaminación a gran escala con metales pesados (Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Ni, Hg, Co, Ag, Au) en el medio ambiente. En el caso de los acuíferos y aguas superficiales, pueden comprometer seriamente el uso de este recurso como fuente de agua para el consumo humano.

La remediación de estos ambientes contaminados mediante la utilización de métodos químicos involucra procesos de costos excesivamente altos debido a la especificidad requerida. (27) Los metales pesados pueden incorporarse a un sistema de abastecimiento de agua por medio de residuos industriales que son vertidos sin previos tratamientos, los que posteriormente se depositan en lagos, ríos y distintos sistemas acuíferos. La absorción de metales pesados por las plantas es generalmente el primer paso para la entrada de éstos en la cadena alimentaria. La absorción y posterior acumulación dependen en primera instancia del movimiento (movilidad de las especies) de los metales desde la solución en el suelo a la raíz de la planta. En plantas, el concepto de bioacumulación se refiere a la agregación de contaminantes; algunos de ellos son más susceptibles a ser fitodisponibles que otros (28).

Los cultivos contienen sistemas para gestionar la toma de Cromo para que esta sea lo suficientemente baja como para no causar cáncer. Pero cuando la cantidad de Cromo en el suelo aumenta, esto puede aumentar las concentraciones en los cultivos. La acidificación del suelo puede también influir en la captación de Cromo por los cultivos. Las plantas usualmente absorben sólo Cromo (III). Esta clase de Cromo probablemente es esencial, pero cuando las concentraciones exceden cierto valor, efectos negativos pueden ocurrir.

#### 2.2.2. Fundamentos metodológicos de la investigación

### 2.2.2.1. Adsorción del cromo mediante la valorización del ladrillo

#### *Adsorción*

Las consideraciones fundamentales para la validación de un escenario de adsorción, según RAMALHO (23), es el tamaño de partícula, el pH y el tiempo de contacto entre el adsorbente o el adsorbato. La correspondencia respecto de la saturación de sitios activos y la capacidad de adsorción se ve relacionada con los modelos matemáticos de adsorción, es decir, se relaciona por la formación de capas y la manera por la cual el adsorbente fue incidido por medio de una activación propiamente dicha.

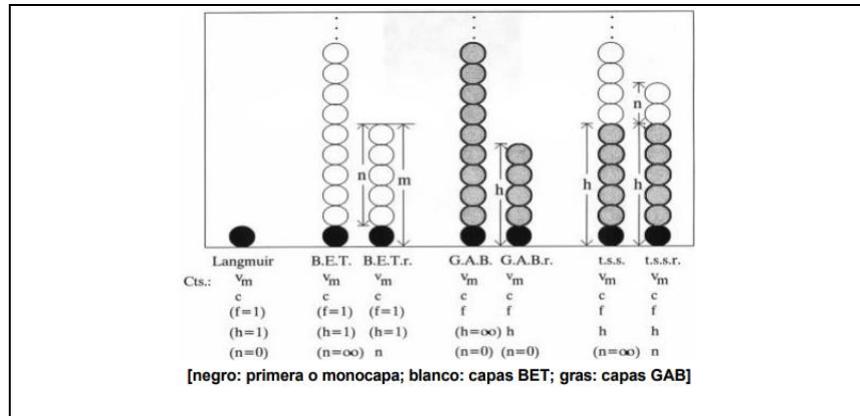
Tabla 3. Tipos de modelos de adsorción.

Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV y V
Corresponde a la formación monocapa; propia de la isoterma de Langmuir.	Corresponde a la formación multicapa; se da respecto del aumento de la presión entre las moléculas adsorbidas.	Similar al tipo II respecto de la formación multicapa, pero donde la constante de equilibrio se da a un nivel monocapa.	Se entiende por la formación multicapa en materiales porosos y/o con presencia de capilares.

Fuente: UNIVERSIDAD DE VALENCIA (20 pág. 9).

Según TIMMERMANN (29) la estandarización del tamaño de partícula del agente adsorbente influye en una gran forma respecto de la capacidad de remoción de contaminantes; dicho proceso de estandarización puede darse mediante el empleo de medios físicos de separación inercial respecto de los tamaños de partícula a emplear en el experimento. Complementariamente a ello, menciona que a menor tamaño de partícula la capacidad de adsorción tiende a ser mayor respecto de la saturación de sitios activos a consideración de formación multi o monocapa, lo cual

corresponde, en función de su cinética, a la validación adecuada respecto de la mencionada saturación.



Figura

4. Representación de la distribución molecular propios del proceso de adsorción.

Fuente: TIMMERMANN (29 pág. 9).

Según la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (30) “la tendencia de un componente del sistema a concentrarse en la interfase” es lo que describe técnicamente al proceso de adsorción, entendiéndose como tal a la misma en un entorno de los fenómenos de superficie donde no existen mezclas; a diferente de la absorción, el proceso de adsorción mantiene un opuesto en su empleo: la desorción, que tiende a ser la liberación de los iones retenidos a nivel de las capas de los adsorbentes, evidenciando un escenario de valorización del adsorbente de forma complementaria.

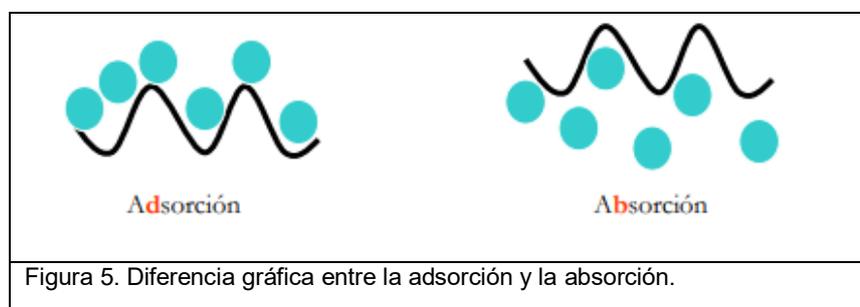


Figura 5. Diferencia gráfica entre la adsorción y la absorción.

Fuente: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA MÉXICO (30).

### 2.2.2.2. Activación del adsorbente

#### *Métodos de activación*

Según ALLAH DIN (31) se dan dos tipos de activación y/o mejora respecto de la capacidad de adsorción en la aplicación de materiales adsorbentes en medios con presencia de metales en elevada concentración; éstos son el térmico y el químico, sumado a ellos el entorno de aplicación directa denominado “método natural”, en las cuales se deben de optar por condiciones propias de influencia respecto a las propiedades del adsorbente empleado, para el caso, de uno inorgánico con presencia de minerales en su composición. En la tabla siguiente se consideran los datos necesarios para cada tipo de activación respecto de su consideración.

Tabla 4. Método natural y métodos de activación de los adsorbentes.

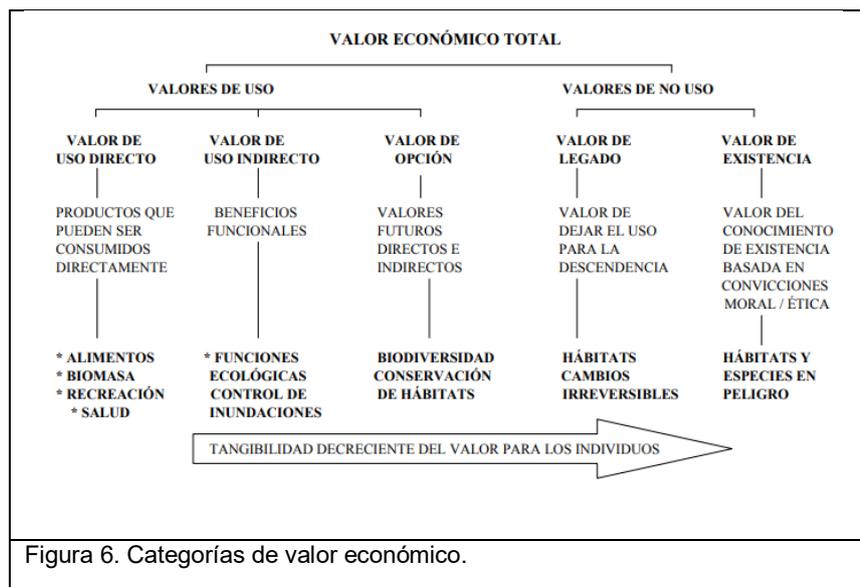
Método natural	Método Activación térmica	Método Activación química
Características		
*Aplicación directa. *Menor capacidad de adsorción en condiciones normales. *De fácil aplicación en efluentes con el fin de un tratamiento oportuno o “rápido”.	*Influencia de temperatura sobre el adsorbente estandarizado emplear. *Niveles de influencia: 180°C; 90°C; 45°C. *Tiempo de contacto en equivalencia: 90 min; 3 horas; 6 horas.	*Influencia de un agente activante: recomendación HCl. *Equivalencia de la cantidad ideal respecto del volumen de la muestra con contaminante y de la cantidad de adsorbente.



Fuente: ALLAH DIN (31) y propia consideración fotográfica.

### 2.2.2.3. Valorización del medio ambiente

El ambiente tiene un valor denominado como “*per se*”, que se refiere a, que no necesita que alguien se lo otorgue. La naturaleza engloba a la vida y a la tierra, mantiene un valor por sí mismo, es decir, por el solo hecho de existir. Por otro lado, puede pensarse que las cosas tienen valor en tanto lo tengan para el hombre. El valor de los ecosistemas se asocia a una serie de funciones que afectan el bienestar de las personas, y a la vez éstos últimos se ven afectadas positivamente al gozar de un ambiente sano; si se logra alterar el ambiente, el gozo de las personas se vería afectado, pero en un futuro, no tan inmediato. Los aspectos económicos de la relación entre la sociedad y la naturaleza se expresan en la valoración económica que los actores sociales hacen de sus recursos ambientales. Desde el punto de vista económico, la valoración de los bienes ambientales y los efectos de su uso, es clave en el proceso hacia el manejo sostenible de los recursos naturales. Es por ello que TOMASINI (9) incorpora valorizaciones a diferentes niveles de uso del recurso e incluso de no uso del mismo y que se seleccionan en categorías de valor que se puede ver en la figura 06.



Fuente: TOMASINI (9).

## Categorías de Valor Económico Total:

### Valores de uso:

- Valor de uso directo: se asigna a los bienes que pueden ser producidos, extraídos, consumidos o disfrutados del ambiente como es el caso de los bosques, su valor de uso directo puede provenir de la madera, también hay actividades que pueden no significar consumo, como, por ejemplo, el turismo, paseos o descanso, recibiendo así el recurso un valor de uso directo.
- Valor de uso indirecto: deriva de los servicios que el medio ambiente provee. Los humedales (extensiones de marismas, pantanos ó turberas cubiertas de agua), además de ser utilizados en forma directa (pesca, actividades recreativas, navegación), generan beneficios a partir de sus funciones ó servicios ambientales.
- Valor de opción: surge de mantener la posibilidad (opción) de tomar ventaja del valor de uso de un bien ambiental (sea extractivo o no-extractivo) en un momento posterior como la biodiversidad y las áreas protegidas, expresan un porcentaje importante de su valor a través de este concepto aunque planee nunca usarlo.

### Valores de no uso:

- Valor de existencia: La gente aplica un valor a la existencia de las especies en peligro de extinción (ballena azul, oso panda), aunque nunca las hayan visto y probablemente tampoco las vean. Si las ballenas azules se extinguen, mucha gente tendría un sentimiento definitivo de pérdida.
- El valor de legado: surge de la práctica de las personas de asignar un alto valor a la conservación de un bien ambiental para que sea utilizado por las generaciones venideras, particularmente alto en las poblaciones que usan actualmente un recurso ambiental, pues aspiran a transmitir a las generaciones venideras.

TOMASINI (9) también nos da técnicas de valorización que son aplicables para cada categoría de valor, la selección de la técnica apropiada depende de varios factores, incluyendo el efecto a valorar y la disponibilidad de datos, tiempo y recursos financieros. La figura 07 provee una guía simplificada para optar por la técnica apropiada para diferentes situaciones. A través de un gráfico de flujos, que se inicia con un impacto ambiental, se define si hay cambios mensurables en la producción o cambios en la calidad ambiental, estableciendo diferentes escenarios posibles y sus posibles impactos. Se muestran las técnicas comúnmente usadas para estimar los valores monetarios de cada clase de impacto.

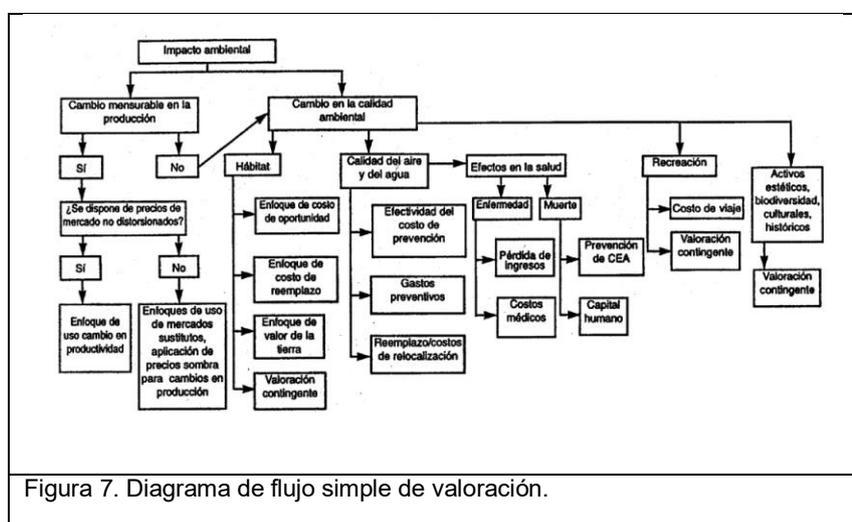


Figura 7. Diagrama de flujo simple de valoración.

Fuente: TOMASINI (9).

Existe una cantidad de técnicas de valoración que DIXON Y PAGIOLA (32) nos dice pueden ser usadas para poner valores monetarios en estos recursos y antecedentes, en cambio, puede ser incorporada en un análisis beneficio costo convencional.

Técnicas de Valorización:

- Análisis hedónico: La calidad ambiental afecta el precio que las personas están dispuestas a pagar por ciertos bienes o servicios. Por ejemplo, hoteles que enfrentan el océano, cobran diferentes tarifas dependiendo de la vista, frente al mar o vista interna a un jardín precioso, es un modelos hedónico que ha sido ampliamente usados para examinar la contribución de diferentes atributos al

precio de las viviendas y al nivel de salario, incluyendo el aporte de la calidad ambiental.

- Costo viaje: Es una técnica que busca deducir valores del comportamiento observado en un viaje. Utiliza información de gasto total de los turistas quienes visitan un lugar para derivar la curva de demanda por los servicios del lugar. La técnica asume que cambios en los costos totales del viaje son equivalente a cambios en el valor de la entrada. De esta curva de demanda, se puede calcular el beneficio total que obtienen los visitantes.
- Valoración contingente: A diferencia de las técnicas que usan datos observados, la Técnica de Valoración Contingente (VC) descansa en preguntas directas a los consumidores (actuales o potenciales) para determinar sus disposiciones a pagar (DAP) por obtener un bien ambiental. Se provee una detallada descripción de los bienes involucrados, junto con detalles acerca de cómo éste será provisto. La valoración real puede ser obtenida de diversas formas, como preguntando al encuestado nombrar una figura, teniendo que escoger de entre un número de opciones, o preguntándoles si ellos pagarían una cantidad específica de dinero (en cuyo caso, a menudo se hacen nuevas preguntas a continuación con cantidades más altas o más bajas).
- Transferencia de beneficios: no es una metodología per se, sino más bien al uso de estimaciones obtenidas (por cualquier método) de un contexto para estimar valores en un contexto diferente. Por ejemplo, la estimación de los beneficios obtenidos de turistas que observan la vida silvestre en un parque, puede ser usado para estimar los beneficios de la observación de la vida silvestre en un parque diferente.
- Incorporación de los costos y beneficios ambientales: La elección de la técnica depende del problema específico que está siendo estudiado. No obstante, excepto en situaciones muy simples, es probable que sean necesarias una variedad de técnicas para estimar el rango completo de beneficios. Más aún, donde se contemplan substanciales inversiones, sería deseable hacer chequear cruzadamente las estimaciones derivándolas de

múltiples fuentes. Una vez que los diversos impactos ambientales han sido identificados y los beneficios y costos de las múltiples alternativas evaluados, ésta información puede ser incorporada dentro de un análisis más amplio del proyecto.

Los tres principales criterios de decisión usados en el análisis beneficio costo son: el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR) y la razón beneficio costo (RBC). Todos estos criterios dependen del concepto del descuento de un flujo de beneficios y costos, el cual ocurre en diferentes momentos en la vida del proyecto que está siendo evaluado. en relación a los cambios que un impacto ambiental puede generar en el entorno de un proyecto, se destacan tres vectores importantes: el espacial, el temporal y el de los actores involucrados (32).

#### 2.2.2.4. Valorización de residuos sólidos

Según IBAÑEZ y CORROPPOLI (33) consideran que cuando la generación de residuos sólidos se torna inevitable, valga la redundancia en entornos donde la gestión y el manejo de éstos no logre satisfacer la necesidad de manipularlos eficientemente en función de su tasa de generación, se deben de asumir escenarios de recuperación de dichos subproductos y volverlos materia prima, asumiendo la perspectiva de reciclaje, reutilización y reuso en un escenario de reaprovechamiento o llamado actualmente, según la normativa vigente a nivel nacional, valorización de los residuos, el cual se entiende por la adopción de procesos y diseños de alternativas que se enfoquen en el alcance de la sostenibilidad en ciudades emergentes.

Los autores citados asumen al entorno el enfoque como un proceso por el cual un porcentaje de los residuos sólidos destinados a disposición final son seleccionados y posteriormente re-manufacturados para insertarlos como producto nuevamente en el entorno socioeconómico. En dicho punto de vista,

consideran puntual y textualmente que: “el reciclaje logra disminuir el costo global del manejo de los residuos sólidos, reduciendo el gasto de disposición final, así también disminuyendo el impacto ambiental negativo derivado de las acciones humanas”; también se afirma que: “para que exista eficiencia económica desde el punto de vista de las inversiones, se debe contemplar el circuito completo del manejo de los residuos, es decir, asumir los siguientes entorno: recolección, procesamiento, comercialización del producido y disposición final del remanente”.

Tabla 5. Principios del manejo de los residuos sólidos relacionados a escenarios de valorización.

a) Principio de sostenibilidad ambiental.
b) Principio del que contamina paga.
c) Principio de precaución.
d) Principio de responsabilidad.
e) Principio de menor costo de disposición.
f) Principio de reducción en la fuente.
g) Principio de uso de la mejor tecnología posible.

Fuente: IBÁÑEZ y CORROPPOLI (33 págs. 6 - 7).

Complementariamente, se tiene que, para el análisis de valorización de los residuos sólidos, para el caso de los residuos de construcción y demolición, es oportuno tener en cuenta un escenario de inversión y su propio retorno en función de la capacidad de reciclaje que se pueda obtener en potencial.

En términos de viabilidad de Proyectos de Inversión Pública se tiene un escenario cuantitativo de análisis de la misma en el tiempo asumiendo períodos de retorno de inversión eficiente; dicho escenario engloba al análisis del Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Rendimiento/Retorno (TIR) según METE (34)

- 1) Valor actual neto (VAN) (34): se refiere al valor actual o presente del flujo neto efectivo de las propuestas de inversión, siendo este flujo la diferencia entre los ingresos periódicos y egresos periódicos; así también se asume una tasa de interés que es “una medida de la rentabilidad mínima exigida por el proyecto que permite recuperar la inversión, cubrir costos y obtener beneficios”. Para el cálculo del VAN se tiene la siguiente fórmula:

$$VAN = \left[ \sum_{t=1}^n FE(t) * (1+i)^{(0-t)} \right] + I(0)$$

Donde:

- VAN: Valor Actual Neto.
- FE (t): flujo de efectivo neto del período t.
- i: tasa de expectativa o alternativa/oportunidad.
- n: número de períodos de vida útil del proyecto.
- I(0): inversión inicial (neta de ingresos y otros egresos).

- 2) Tasa interna de rendimiento/retorno (TIR) (34): se entiende por la “tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos”. Para el cálculo del TIR es necesario conocer el valor del VAN, además de los siguientes criterios:

$$\sum_{t=0}^n FE / (1+TIR)^t = VAN = 0$$

Donde:

- TIR: Tasa Interna de Rendimiento/Retorno,

- VAN: Valor Actual Neto.
- FE (t): flujo efectivo neto del período t.
- n: número de períodos de vida útil del proyecto.

### 2.2.3. Modelo teórico de la investigación

Se presenta a continuación la representación del modelo teórico de la investigación, la que conjuga la investigación en las bases teóricas con las variables de estudio, el cual representa una lógica ideal con el objetivo de obtener resultados representativos.

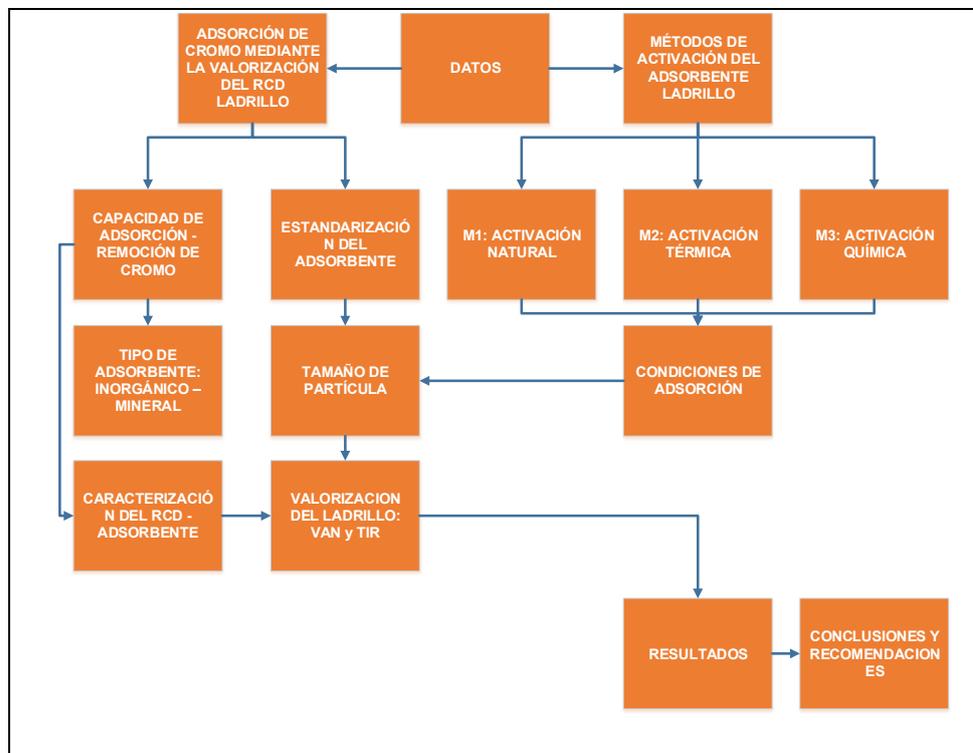


Figura 8. Modelo teórico de la investigación.

Fuente: elaboración propia.

### 2.3. Definición de términos

- Activación: entiéndase por el acto de puesta en marcha de un proceso, actividad o mecanismo.

- Activación química: entiéndase por el método de influenciar químicamente sobre un objeto antes de su puesta en marcha en un proceso o actividad.
- Activación térmica: entiéndase por el método de influenciar temperatura a un objeto antes de su puesta en marcha en un proceso o actividad.
- Adsorción: según PAU (35 pág. 6) “consiste en la retención selectiva de uno o más componentes (adsorbatos) de un gas o un líquido en la superficie de un sólido poroso (adsorbente)”.
- Agua contaminada: según CAMACHO y ARIOSAS (36 pág. 19) es el “agua cuyos usos previos se han comprometido como resultado del deterioro de su calidad original, producto de la incorporación de elementos contaminantes”.
- Aguas residuales: según CAMACHO y ARIOSAS (36 pág. 20) son las “aguas resultantes de un proceso o actividad productiva cuya calidad se ha degradado, debido a la incorporación de elementos contaminantes”.
- Aguas superficiales: según CAMACHO y ARIOSAS (36 pág. 20) son las “aguas situadas sobre el nivel freático, tales como ríos, lagos, embalses y otros depósitos naturales o artificiales”.
- Antropogénico: según CAMACHO y ARIOSAS (36 pág. 20) “referido al efecto ambiental provocado por la acción del hombre”.
- Aplicación natural: entiéndase por el método de arranque original, es decir, dejando que las propiedades de algún objeto se mantengan sin alterar en su utilización.
- Calidad ambiental: según CAMACHO y ARIOSAS (36 pág. 25) es el “indicador del grado de adecuación del medio ambiente con las necesidades de vida de los organismos vivos, en especial el hombre”.
- Calidad de vida: según CAMACHO y ARIOSAS (36 pág. 25) es el “criterio de bienestar humano considerado integralmente”.
- Capacidad de adsorción: representación numérica que se relaciona con el equivalente de adsorción tras la aplicación de algún material adsorbente en algún medio (adsorbato).
- Carga contaminante: según CAMACHO y ARIOSAS (36 pág. 26) es la “cantidad de contaminante que se encuentra en los diferentes medios (suelos, agua, atmósfera), o que es liberada a los mismos en una unidad de tiempo”.
- Ciclo hidrológico: según CAMACHO y ARIOSAS (36 pág. 27) es el “movimiento del agua de los océanos a la atmósfera y de ahí a la superficie terrestre,

retornando, bien al océano por escurrimiento o a la atmósfera por evaporación o transpiración”.

- Cromo: según el portal LENNTECH (37) es un metal pesado de símbolo Cr con número atómico 24 y peso atómico 51.996 que representa un riesgo para la población y el ambiente en concentraciones excesivas.
- Descontaminación: según CAMACHO y ARIOSAS (36 págs. 32-33) es el “proceso de eliminación controlada de sustancias nocivas en un medio determinado”.
- Efluente: según CAMACHO y ARIOSAS (36 pág. 35) es el “residual líquido, tratado o sin tratar, que se origina en un proceso industrial o actividad social y se dispone generalmente en los suelos o diversos cuerpos de agua superficiales o subterráneos”.
- Escombrera: según el MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (38 pág. 487723) “es el lugar de disposición final donde se deposita de manera ordenada los materiales o residuos no reaprovechables (inertes) procedentes de las actividades de la construcción o demolición”.
- Fuente contaminante: según CAMACHO y ARIOSAS (36 pág. 39) es el “centro o actividad socioeconómica cuyas emisiones se incorporan al medio ambiente como contaminantes”.
- Impacto ambiental: según CAMACHO y ARIOSAS (36 pág. 42) es la “repercusión en el medio ambiente provocada por la acción antrópica o un elemento ajeno a dicho medio, que genera consecuencias notables en él”.
- Metales pesados: según CAMACHO y ARIOSAS (36 pág. 45) son los “elementos de elevado peso atómico potencialmente tóxicos que se emplean en procesos industriales, tales como el cadmio, el cobre, el plomo, el mercurio y el níquel que, incluso en bajas concentraciones, pueden ser nocivos para las plantas y los animales”.
- Residuo de Construcción y Demolición: según el MINISTERIO DEL AMBIENTE (1 pág. 6) “son aquellos residuos generados en las actividades y procesos de construcción, rehabilitación restauración, remodelación y demolición de edificaciones e infraestructura”.
- Valorización de residuos: según el MINISTERIO DEL AMBIENTE (21 pág. 3) “los residuos sólidos generados en las actividades productivas y de consumo constituyen un potencial recurso económico, por lo tanto, se priorizará su valorización, considerando su utilidad en actividades de: reciclaje de sustancias

inorgánicas y metales, generación de energía, producción de compost, fertilizantes u otras transformaciones biológicas, recuperación de componentes, tratamiento o recuperación de suelos, entre otras opciones que eviten su disposición final”.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### 3.1. Método, tipo y nivel de la investigación

##### 3.1.1. Métodos de la investigación

###### A) Método general

Según ARROYO (39) el método deductivo tiende a enfocarse al manejo del conocimiento desde la temática general para llegar a obtener información específica, de la mano con el análisis respectivo acorde al problema de investigación del objeto de estudio; el método general analítico - deductivo se relaciona adecuadamente a la presente investigación: se abordó al interés de valorizar un residuo de generación constante (expuesta en el planteamiento del problema) de modo que, a escalas de laboratorio se verifique que el residuo tiene capacidad de adsorción significativo para los efluentes con presencia de metales pesados, como por ejemplo el cromo, es decir, se tuvo un escenario de análisis representativo y se llegó a resultados y conclusiones que conformarían la base de nuevas investigaciones.

## B) Método específico

En relación al método general planteado, ARROYO (39) considera que los métodos específicos o empíricos abordan: la observación propiamente dicha, el análisis estadístico, la modelación y simulación y la experimentación que relaciona el diseño de la investigación como tal. Para la presente se optó por utilizar el métodos de observación y experimentación; a partir de ello, se afirma que los métodos seleccionados se mantienen acorde al método científico “universal”, puesto que toda percepción de algún problema de investigación científica inicia por la observación o la “acción de mirar“, para que de ese modo, en función a la disponibilidad de información, se pueda someter a dicho problema a un análisis, en función al manejo adecuado del conocimiento, tal como se detalló en el método general. El proceso de investigación utilizado fue el siguiente:

### a) Información general:

1. Ubicación del experimento: el presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Continental, ubicado en la ciudad de Huancayo, provincia de Huancayo, región Junín.
2. Ubicación geográfica:
  - i. Altitud : 3271 msnm.
  - ii. Latitud sur : 12°03'54" S.
  - iii. Latitud oeste : 75°12'17" O.
  - iv. Temperatura promedio: 12°C.
3. Características de las aguas residuales

Las aguas residuales que fueron objeto de estudio en el presente trabajo de investigación provienen del proceso de

curtido de pieles de animales (bovinos, ovinos, caprinos, equinos) de las industrias de curtiembres ubicados en las riberas del río Mantaro y sus afluentes tributarios del mismo (San Pedro de Saño). La industria de la curtiembre genera cantidades significativas de aguas residuales con alto contenido de materiales orgánicos, sólidos, sales, grasas y contaminantes minerales como el cromo, los sulfuros y el amoníaco. Las aguas residuales de curtiembre y otras industrias presentan alto contenido de sólidos en suspensión con niveles relativamente elevados de elementos minerales como el  $\text{Cr}^{+6}$  y  $\text{S}^{-2}$ , que afectan los procesos biológicos en los espejos de agua, debiendo recibir tratamientos físico y químico para la precipitación del cromo y oxidación del sulfuro en sulfato, evitando así la actividad biológica en los sistemas acuáticos. Una de las características importantes del impacto ambiental de la curtiembre son las grandes cantidades de agua que demanda sus procesos, en descarga y transporte de altas cantidades de contaminante en los cursos de aguas, principalmente en los ríos y riachuelos.

#### 4. Características de los ladrillos de construcción y demolición

Los ladrillos de construcción y demolición son recursos que se encuentran en diferentes lugares, sobre todo en aquellas zonas que vienen siendo urbanizadas por el crecimiento demográfico, debido a la construcción de viviendas y edificios que generan desechos los cuales son vertidos en las zonas periféricas de la ciudad de Huancayo. Estos residuos de ladrillos no son valorados económicamente porque no son reaprovechados y/o comercializados en el desarrollo de nuevas actividades, como la producción de materiales pétreos, debiendo ser reciclados y reutilizados como un material de alto potencial alternativo en el tratamiento de aguas residuales con presencia de elementos contaminantes como el cromo.

## 5. Materiales y equipos

### i. Materiales:

- a) Papel filtro.
- b) Pipetas.
- c) Probetas.
- d) Embudos de vidrio.
- e) Vasos de precipitación.
- f) Cápsulas de porcelana.
- g) Pizeta.
- h) Varillas de vidrio.

### ii. Equipos:

- a) pHmetro digital.
- b) Estufa de laboratorio.
- c) Balanza digital.

### iii. Reactivos:

- a) Ácido clorhídrico (HCl).

## 6. Procedimiento metodológico

### i. Caracterización de las aguas residuales de curtido:

Se determinó en las aguas residuales de curtiembre: el pH, la concentración de Cromo inicial y final por medio de un análisis de laboratorio.

- a) Adsorción de cromo ( $\text{Cr}^{+6}$ ):

Los procedimientos para conocer la adsorción del cromo en las aguas residuales de curtiembre se realizaron con partículas de diferentes tamaños de ladrillo activadas para la aplicación natural, método térmico y método químico, el cual se realizó en muestras de agua residual de curtiembre.

Los cuales se describen a continuación:

- ✓ Tratamiento con aplicación natural:
  - Se obtuvo el ladrillo como residuo de construcción y demolición de la escombrera de la zona de Huamancaca del cual se tomó una muestra representativa para el estudio respectivo.
  - Se trituró la muestra de ladrillo "RCD" y se obtuvieron 3 tamaños diferentes de partículas diferentes: 0.5 mm, 1 mm y 1.5 mm obteniendo 3 submuestras.
  - Se pesó 8 gramos de cada tamaño de ladrillo.
  - En una probeta de 10 ml se vierte 6.5 ml de agua residual de curtiembre.
  - Se le adiciona 8 gramos de cada tamaño de ladrillo para cada probeta con agua.
  - Se agita por 10 minutos.
  - Se dejó reposando por 3 días.
  - Se tomó una muestra final y se envió a un laboratorio químico para su análisis respectivo además se envió una muestra de agua residual antes del tratamiento.

- ✓ Tratamiento con activación térmica:
  - Se obtuvo el ladrillo como residuo de construcción y demolición de la escombrera de la zona de Huamancaca del cual se tomó una muestra representativa para el estudio respectivo.
  - Se trituro la muestra de ladrillo "RCD" y se obtuvieron 3 tamaños diferentes de partículas diferentes: 0.5 mm, 1 mm y 1.5 mm obteniendo 3 submuestras.
  - Se pesó 8 gramos de cada tamaño de ladrillo.
  - Se colocó en 3 crisoles para llevar al horno por 3 horas a 105 °C y ser retiradas después del tiempo transcurrido.
  - En una probeta de 10 ml se vierte 6.5 ml de agua residual de curtiembre.
  - Se le adiciono 8 gramos de cada tamaño de ladrillo para cada probeta con agua.
  - Se agito por 10 minutos.
  - Se dejó reposando por 3 días.
  - Se tomó una muestra final y se envió a un laboratorio químico para su análisis respectivo.

- ✓ Tratamiento con activación química:
  - Se obtuvo el ladrillo como residuo de construcción y demolición de la escombrera de la zona de Huamancaca del cual se tomó una muestra representativa para el estudio respectivo.
  - Se trituro la muestra de ladrillo "RCD" y se obtuvieron 3 tamaños diferentes de

partículas diferentes: 0.5 mm, 1 mm y 1.5 mm obteniendo 3 submuestras.

- Se pesó 8 gramos de cada tamaño de ladrillo.
- Se colocó en 3 crisoles y se añadió 4 ml de ácido clorhídrico (HCL) para llevar al horno por 3 horas a 90 °C y ser retiradas después del tiempo transcurrido.
- En una probeta de 10 ml se vierte 6.5 ml de agua residual de curtiembre.
- Se le adicionó 8 gramos de cada tamaño de ladrillo para cada probeta con agua.
- Se agito por 10 minutos.
- Se dejó reposando por 3 días.
- Se tomó una muestra final y se envió a un laboratorio químico para su análisis respectivo

El laboratorio que realizó el análisis de las muestras fue V&S Lab. E.I.R.L. de la ciudad de Lima (Ver Anexos 02 y 05), el cual uso el método estándar para análisis de agua y aguas residuales el método 3500 Cr. B – Colorimetría, la cual mantiene garantías en sus procesos respecto de la acreditación ante el Instituto Nacional de Calidad (Ver Anexo 03).

### 3.1.2. Tipo de la investigación

El tipo de investigación de la presente tesis es la aplicada. Según ARROYO (39 pág. 20) la investigación aplicada “tiene como finalidad primordial la resolución de problemas prácticos inmediatos”. Se planteó identificar las condiciones ideales de adsorción de cromo presente en las aguas residuales de curtiembre, mediante la aplicación de un adsorbente inorgánico catalogado como residuo cerámico RCD: el ladrillo, el cual fue expuesto a la adsorción de las aguas residuales mediante la aplicación

natural y activado de dos formas en un entorno comparativo y pre-experimental, de modo que los conocimientos obtenidos son originales, nuevos y representativos en el contexto local y regional de estudio, acorde al nivel de la investigación descrito a continuación.

### 3.1.3. Nivel de la investigación

El nivel de investigación adecuado para la presente es el exploratorio. En relación al tipo de investigación, así como a los métodos planteados, ARROYO (39 pág. 20) considera que la investigación exploratoria aborda un problema poco o nada estudiado en el contexto geográfico de la investigación, sustentada en la presente por la inexistencia de antecedentes similares en esencia respecto del objeto de investigación, de modo que los conocimientos obtenidos tras la presente iniciarían nuevas formas de investigación, así como la réplica una alternativa de solución a problemas inmediatos relacionados a la contaminación ambiental desde el punto de vista prospectivo. Complementariamente, se abarcó al entorno correlacional (39), que según el autor citado se asume con el fin de comparar supuestos, los cuales se encuentran en relación al análisis de valorización del residuo de construcción y demolición que ha sido objeto de estudio en la presente investigación.

### 3.2. Diseño de la investigación

En relación al método específico: el método experimental, el diseño seleccionado y adecuado para la presente investigación específicamente fue el pre-experimental, según ARROYO (39), en un pre experimento no necesariamente se da la manipulación de las variables de estudio, sino basta con el hecho de observar las condiciones de análisis que son objeto de estudio sin la necesidad de alterar o modificar las peculiaridades de las mencionadas variables. De manera complementaria, el diseño abarcó el análisis y recolección de datos de un solo momento determinado metodológicamente, reflejando así un diseño de corte

transversal, sumado al hecho de haber observado el fenómeno de estudio de manera estructurada, directa, participante y en laboratorio.

### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

La población de la investigación estuvo compuesta por los residuos de construcción y demolición generados por las actividades de “desarrollo estructural” realizadas en el distrito de Huamancaca Chico, conforma de por una escombrera, depósito final o conglomerado de dichos residuos (Ver fotografías del anexo 06) la misma que fue seleccionada tras la aplicación de la observación inicial en campo teniendo en cuenta la viabilidad de la toma de muestra, considerando que la escombrera mantenga uniformidad respecto a la presencia de ladrillos, sin presencia de mezclas; de manera complementaria se tuvo en cuenta como población al efluente generado en la actividad de curtiembre con presencia de cromo (Ver Anexo 06) para que a partir de ello se seleccionen muestras representativas (expuestas en el acápite siguiente) de modo que dicha consideración (sumada a la de la investigación en general) se observe reflejada en función del método de delimitación de la muestra descrita a continuación.

#### 3.3.2. Muestra

Inicialmente se procedió a establecer la forma por el cual se delimitó la muestra representativa de la investigación: por tratarse de una población conocida, finita y “no numerosa” (acorde al nivel de investigación), se optó por delimitar la muestra en un entorno no probabilístico o no paramétrico (39). La muestra respecto a la obtención del adsorbente: ladrillo (residuo) generado en actividades de construcción y demolición, en concordancia con lo expuesto en el acápite anterior (población) fue determinada en

función de lo recomendado por el MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (40), descrita apropiadamente en la sección de fundamentos metodológicos, obteniendo así una muestra representativa (en peso respecto de la cantidad) inicial de ladrillo de 20 kg (Ver Anexo 06); se procedió a obtener sub-muestras necesarias, en equivalencia al peso inicial, según las bases teóricas adecuadas en su aplicación respecto al fenómeno de adsorción: la muestra se trituro en una chancadora de quijada del Laboratorio de Minas de la Universidad Continental, evidenciado en la figura 09, en tamaños de ladrillo de aproximadamente 1mm, las partículas de ladrillo de similar características de composición, obteniéndose inicialmente 01 submuestra de ladrillo “molido” como fase primaria de estandarización (Ver Anexo 06).



Fuente: elaboración propia.

Se presenta el entorno de la estandarización de la muestra de adsorbente recolectada en campo en estado natural, es decir, procedente de una escombrera, manteniendo las siguientes consideraciones iniciales:

- Requerimiento inicial: triturado del ladrillo.
- Lugar: Laboratorio de Minas de la Universidad Continental.
- Residuo de construcción y demolición recolectado en peso: 20 kg.
- Residuo estandarizado inicialmente: en equivalencia  $\leftrightarrow$  20 kg.
- Obtención: ladrillo triturado en distintos tamaños de partícula.



Fuente: elaboración propia.

A partir de ello se procedió a la separación de la muestra respecto del adsorbente a utilizar en el pre-experimento (ladrillo): se procedió a separar en 03 distintos tamaños de partícula (0.5 mm, 1mm y 1.5 mm) con fin de poder comprobar a que tamaño se logra una mayor capacidad de adsorción; el proceso de separación fue realizada en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Continental, utilizando tamices de los siguientes tamaños: 0.5 – 1.0 y 1.5 mm, de modo que se cotejaron 03 submuestras de 1 kg cada uno, los que fueron divididas en 05 partes para luego reservarlas.

Se tuvieron en cuenta los siguientes pasos:

- Requerimiento complementario: clasificación del tamaño de partícula del adsorbente.
- Lugar: Laboratorio de Suelos y Pavimentos de la Universidad Continental.
- Materiales a emplear (observar la tabla n° 06): tamices de diferentes tamaños, envases de aluminio, balanza, cuaderno de apuntes, brocha, cámara.
- Resultado: obtención de submuestras de adsorbente por tamaño de partícula (observar tabla tabla n° 06).

Tabla 6. Proceso de separación por tamaño de partícula del adsorbente.

Tamaños de partícula	Consideraciones	Materiales
<p>0.5 mm</p> <p>1.0 mm</p> <p>1.5 mm</p>	<p>Se utilizaron tamices de 0.5 mm, 1mm y 1.5 mm para separar los tamaños; se empleó una balanza analítica del laboratorio de suelos para determinar el peso de las submuestras obtenidas por cada tamaño tamizado, el cual debe ser: de 1 kg c/u; a partir de ello se preservaron 05 submuestras a partir del peso de cada tamaño de partícula, teniendo entonces: por 0.5: 5 muestras preservadas de 200 g c/u – de igual manera para el 1.0 y 1.5.</p>	  

Fuente: elaboración propia.

Tras la obtención de los diferentes tamaños de partícula de ladrillo, se procedió con los métodos de activación y aplicación directa del ladrillo como adsorbente, para lo cual se procedió a solicitar materiales y equipos al Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Continental. Las consideraciones específicas de la aplicación directa y métodos de activación, se exponen en la tabla siguiente:

Tabla 7. Aplicación natural y métodos de activación del ladrillo como adsorbente empleado.

Aplicación natural	Activación térmica	Activación química
Separación directa de submuestras de 100 g en crisoles disponible para cada tamaño de partícula requerido: 0.5; 1.0; 1.5.	Separación de 3 submuestras de 100 g por cada crisol disponible para cada tamaño de partícula requerido; a los que se colocaron en el horno durante 3h a una temperatura de 105°C.	Separación de 3 submuestras de 100 g por cada crisol disponible para cada tamaño de partícula requerido; a los que se añadieron 4 ml de HCl directamente y se introdujo al horno durante 3 horas a 90°C.
		



En percepción: el método natural mantiene las propiedades y características del ladrillo recolectado; el método térmico reflejó un escenario de deshidratación, mientras que el método químico evidenció una reducción volumétrica así como hidratación del adsorbente.

Fuente: elaboración propia.

De igual modo se consideró la obtención significativa de muestras de agua con presencia de cromo, las cuáles procedieron de una industria de curtiembre. Con la consigna de cumplir con el protocolo establecido por la normativa nacional respecto de la representatividad de muestras de agua residual, se realizó el etiquetado y conservado de envases para la recolección de muestras de agua residual, acompañadas con una cadena de custodia de modo que garanticen resultados significativos.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Según ARROYO (39 pág. 29), la técnica que corresponde al método y diseño de la investigación propuesto en la presente desde el punto de vista científico es propiamente la observación. Se observaron y analizaron, los procesos de obtención de muestras, así como los procesos que implicaron el fenómeno de adsorción; la manera de complementar a la citada técnica se mantiene sustentada en el acápite subsiguiente.

#### 3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos que fueron utilizados en la investigación, acorde a la técnica de recolección de datos propuesta, fueron los siguientes basados en las listas de cotejo (39):

- Lista de cotejo N° 01 (Véase Anexo 04): Ficha de registro de RCD Depositados en Espacios Públicos; brindada por el MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (40 pág. 22).
- Lista de cotejo N° 02 (Véase Anexo 02): Cotejo de las condiciones de muestreo/recolección de agua con presencia del metal cromo – Cadena de custodia.

### 3.5. Técnicas de análisis y procesamiento de datos

En la presente investigación se optó por el siguiente proceso de análisis de datos, más su validación, respecto de la presentación de los resultados:

- a) Análisis de la muestra inicial del agua residual de curtiembre con la finalidad de obtener una concentración inicial de cromo.

- b) Análisis de las muestras sometidas al proceso de adsorción con ladrillo aplicado naturalmente y activado por 02 maneras distintas, de modo que se pueda obtener una concentración final respecto de la presencia de cromo “final” o posterior al experimento.
- c) Validación del entorno de valorización: se calculó el VAN y TIR en función a la aplicación del residuo de construcción y demolición (ladrillo) estandarizado; se aplicó la prueba de Anova como entorno de prueba de hipótesis debido a la validación de la distribución normal por la prueba de Shapiro-Wilk según TRIOLA (41).
- d) Se usó una prueba no paramétrica Kruskal-wallis para validar el análisis estadístico.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados de la investigación

##### **Capacidad de adsorción del ladrillo:**

Después de obtener la muestra de agua residual, se realizó la medición del pH antes de los procedimientos a lo que fue sometido la muestra. El pH se midió con un equipo multiparámetro (marca Hanna), con resultado de 3.4 siendo una muestra moderadamente ácida.



Figura 11. Aplicación del adsorbente a nivel pre-experimental.

Fuente: elaboración propia.

Los resultados del análisis de concentración final e inicial de la muestra de agua de curtiembre para la aplicación directa, método térmico y químico fueron los siguientes:

Tabla 8. Resultados de la disminución de la concentración de cromo.

Concentración de Cr de la muestra inicial	Tamaño de partícula	Método de activación	Resultado (mg/l)
2.988 mg/l <> 500 ml de muestra de agua de curtiembre	0.5	Natural	0.1018
	1.0		0.1845
	1.5		0.3303
	0.5	Térmica	0.019
	1.0		0.045
	1.5		0.0645
	0.5	Química	0.0678
	1.0		0.1575
	1.5		0.2455

Fuente: elaboración propia / informe de ensayo de laboratorio (Ver Anexo 05).

La activación térmica del adsorbente fue la que obtuvo mayor capacidad de remoción de la concentración de cromo, así como las partículas de menor dimensión lograron reducir la concentración de manera óptima. Cabe mencionar que se enviaron las muestras sometidas a adsorción y la muestra inicial para su análisis al laboratorio V&S Lab. de la ciudad de Lima, la cual mantiene garantías en sus procesos respecto de la acreditación ante el Instituto Nacional de Calidad (Ver Anexo 03), de modo que se pueda comprobar la concentración inicial y final de cromo, cuyo método fue de colorimetría.

Para dar la validez adecuada al proceso de adsorción se procedió a realizar los cálculos matemáticos necesarios para determinar la capacidad de remoción; la data utilizada y procesada se expone en la siguiente tabla.

Tabla 9. Consolidado de resultados obtenidos.

Act.	Tam. Part. (mm)	Masa (g)	V (ml)	V (l)	Co (mg/l)	Ce (mg/l)	Qe (mg/g)	% de remoción
N	0,5	8	6,5	0.0065	2,988	0,1018	0.002345	96.59
T	0,5	8	6,5	0.0065	2,988	0,0194	0.002412	99.35
Q	0,5	8	6,5	0.0065	2,988	0,0678	0.002373	97.73
N	1	8	6,5	0.0065	2,988	0,1845	0.002278	93.82
T	1	8	6,5	0.0065	2,988	0,0454	0.002391	98.48
Q	1	8	6,5	0.0065	2,988	0,1575	0.002300	94.72
N	1,5	8	6,5	0.0065	2,988	0,3303	0.002159	88.94
T	1,5	8	6,5	0.0065	2,988	0,0645	0.002375	97.84
Q	1,5	8	6,5	0.0065	2,988	0,2455	0.002228	91.78

Fuente: elaboración propia.

Donde:

- Act.: Activación; T: térmica; N: natural; Q: química.
- Tam. Part.: tamaño de partícula.
- Masa (g): peso en gramos correspondiente a la altura de la probeta.
- V (ml): volumen en ml correspondiente a 8 g de adsorbente; corresponde al agua de curtiembre o adsorbato.
- Co: concentración inicial de cromo en el agua de curtiembre (según el informe de ensayo de los anexos).
- Ce: concentraciones finales de cromo tras el tratamiento para cada uno.
- Qe: capacidad de adsorción por fórmula:  $q_e = \frac{V}{M} * (C_o - C_e)$
- % de remoción:  $\% = \frac{C_o - C_e}{C_o} * (100\%)$

### Análisis estadístico:

Tabla 10. Datos de la capacidad de adsorción

TAMAÑO DE PARTÍCULA	NATURAL	TÉRMICO	QUÍMICO
0.5 mm	0.002345 mg/g	0.002412 mg/g	0.002373 mg/g
1 mm	0.002278 mg/g	0.002391 mg/g	0.0023 mg/g
1.5 mm	0.002159 mg/g	0.002375 mg/g	0.002375 mg/g

Fuente: elaboración propia.

### Hipótesis estadística:

1. **Prueba de normalidad:** se realiza una prueba de normalidad para determinar si los datos son de distribución normal o no; se analizaron los datos de la capacidad de adsorción obteniendo el siguiente resultado:

Hi : La muestra no tiene una distribución normal

Ho : La muestra tiene una distribución normal

Pruebas de normalidad							
	Método de Activación	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Capacidad de Adsorción en mg/g	Natural	,239	3	.	,975	3	,698
	Térmica	,207	3	.	,992	3	,832
	Química	,175	3	.	1,000	3	,989

Figura 12. Prueba de normalidad para la capacidad de adsorción.

Fuente: elaboración propia.

Se aplicó Shapiro-Wilk por tener una muestra pequeña, o menor a 30 según TRIOLA; como el valor de Sig. es mayor que el error crítico  $\alpha=0.05$  se concluye que se acepta la Hipótesis nula, es decir que en los tres casos presentan distribución normal lo que indica hacer una prueba paramétrica; se opta por realizar una prueba de hipótesis ANOVA.

## 2. Prueba de hipótesis (ANOVA):

H1: Los tres procesos no tienen igual eficiencia o por lo menos alguno es diferente.

H0: Los tres procesos tienen igual eficiencia.

ANOVA					
Capacidad de Adsorción en mg/g					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,000	2	,000	2,871	,133
Dentro de grupos	,000	6	,000		
Total	,000	8			

Figura 13. Representación de la prueba de hipótesis de ANOVA.

Fuente: elaboración propia.

Como Sig. (prueba) es 0.133 es mayor que  $\alpha=0.05$  entonces se acepta la hipótesis nula, indicándonos que existen evidencias suficientes en las muestras para afirmar que; los rendimientos en los tres tratamientos son significativamente iguales asumiendo un nivel de confianza del 95%.

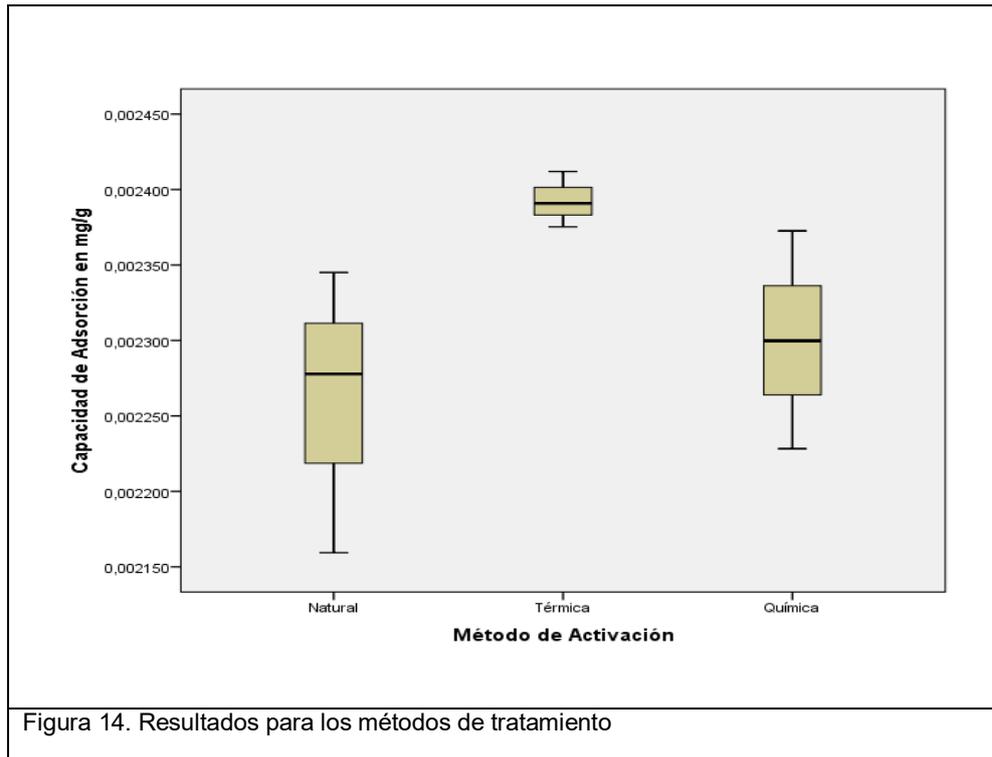
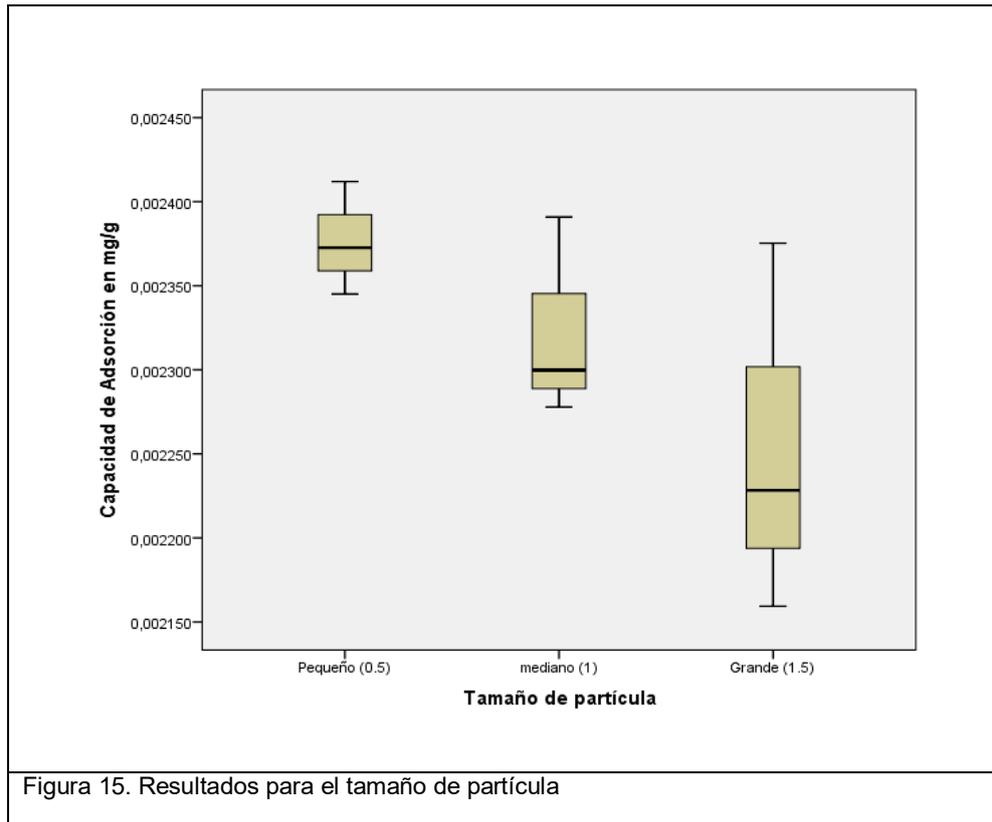


Figura 14. Resultados para los métodos de tratamiento

Para la figura n° 14 las cajas muestran cierta simetría con respecto al método de activación y la capacidad de adsorción para la aplicación natural y método térmico y químico, los datos de los bigotes respecto a la capacidad de adsorción están más cerca y menos dispersos en el método térmico.

Para la figura n° 15 las cajas muestran una simetría de la capacidad de adsorción con respecto al tamaño de partícula de ladrillo al 0.5 mm; para los tamaños de ladrillo de 1 mm y 1.5 mm el rango entre el valor más bajo y más alto es más disperso, y su mediana es más pequeña.



Adicionalmente se realizó una evaluación por una prueba no paramétrica (kruskal Wallis):

Respecto a la capacidad de adsorción con los métodos de activación y el tamaño de partícula:

Estadísticos de prueba <sup>a,b</sup>		Estadísticos de prueba <sup>a,b</sup>	
	Capacidad de Adsorción en mg/g		Capacidad de Adsorción en mg/g
Chi-cuadrado	5,600	Chi-cuadrado	5,600
gl	2	Gl	2
Sig. asintótica	,061	Sig. asintótica	,061
a. Prueba de Kruskal Wallis		a. Prueba de Kruskal Wallis	
b. Variable de agrupación: Método de Activación		b. Variable de agrupación: Tamaño de partícula	

Figura 16. Resultados por una prueba no paramétrica (capacidad de adsorción respecto al método de aplicación y tamaño de partícula)

Sig. (prueba) es de 0.061 siendo mayor que  $\alpha=0.05$  por lo que acepta la hipótesis nula, indicándonos que los 3 procesos fueron igual de eficientes respecto a la capacidad de adsorción.

### Valorización del ladrillo:

Se realizó la caracterización de las escombreras que contienen ladrillo, dicho residuo considerando el valor del mismo ladrillo al formar parte de dicho entorno de “disposición final” analizando dos frentes: al obtener un transporte y comercialización del residuo hasta el lugar de transformación (propio reciclaje) en materia prima como adsorbente o al también reflejar la capacidad de que los productores asociados a la curtiembre puedan obtener los residuos que libremente forman parte de escombreras. Inicialmente se tuvo en cuenta la estimación del volumen de la escombrera en función a la aplicación de la Ficha de Evaluación propuesta por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Anexo 04), logrando estimar un volumen de 6.670 m<sup>3</sup> de escombrera; a partir del cual se estimó la cantidad de ladrillos que se encuentran en la escombrera objeto de estudio, llegando a obtener 1832 ladrillos, los resultados de la cantidad de ladrillos de una escombrera son:

### Volumen del ladrillo:



$$V = 0.24 * 0.13 * 0.09 \text{ m}^3$$

$$V = 0.0028 \text{ m}^3$$

$$\text{Escombrera} = 6.670 \text{ m}^3 / 0.0028 \text{ m}^3 = 2\ 382 \text{ ladrillos}$$

### Factor de esponjación: (espacios libres en la escombrera de ladrillos)

$$F_c: 30\% \longrightarrow A + 30\%$$

$$A * 1.30 = 6\ 670$$

$$A = 5.13 \text{ m}^3$$

$$\text{Escombrera} = 5.13 \text{ m}^3 / 0.0028 \text{ m}^3 = 1832 \text{ ladrillos}$$

$$\begin{array}{l} 1 \text{ ladrillo} = 2.3 \text{ kg} \\ 1832 \text{ ladrillos} = X \text{ kg} \end{array}$$

$$x = 4213.6 \text{ kg de ladrillo en una escombrera}$$

Convertir de kg a gramos = 4213600 gramos

Convertir a Tn = 4.2 Tn de ladrillo

La conversión realizada a la cantidad en masa de escombrera se realizó la proporción a las pruebas de adsorción realizadas, encontrando una proporción de la masa determinada de ladrillos de la escombrera caracterizada:

$$\begin{array}{rcl} 8 \text{ gramos de ladrillo} & = & 6.5 \text{ ml agua residual} \\ 42136000 \text{ gramos de ladrillo} & = & X \text{ ml agua residual} \end{array}$$

$$X = 34235500 \text{ ml (agua de curtiembre)}$$

Convertir a litros = 34235.5 litros de agua de curtiembre

**Caudal de la empresa de curtiembre: 0.3532 l/s**

$$0.3532 \frac{l}{s} * \frac{60 s}{1 min} * 15 \text{ min} = 317.88 \text{ litros}$$

$$317880 \text{ ml} = x \text{ gr}$$

$$6.5 \text{ ml} = 8 \text{ gr}$$

$$X = 391236.92 \text{ gr}$$

X = 391.236 kg de ladrillo se usará para una descarga

\*empresa de curtiembre tiene 2 descargas por mes

El entorno de valorización asume una inversión en la necesidad de transformar al residuo cerámico como escenario de reaprovechamiento asumiendo al reciclaje y/o reutilización en materia prima del ladrillo como residuo de construcción y demolición.

Se tuvo como dato en función de depreciación del ladrillo (10) que al volver a ingresar al proceso como materia prima su valor cae a un 20 % del valor inicial, es decir, la quinta parte del valor comercial inicial por unidad de ladrillo, según la Resolución Ministerial N° 126-2007-VIVIENDA, asociado al Reglamento Nacional de Tasaciones del Perú (42).

A partir de ello se cotejó el valor real y actual de cada unidad de ladrillo de modo de obtener un dato del valor de la escombrera en sentido de comercialización; el valor comercial de la unidad de ladrillo es de S/ 0.60, depreciándose hasta llegar a un valor de S/ 0.03 de ladrillo triturado o “incompleto” conformante de la escombrera, es así que se llegó a obtener la siguiente relación en entorno de comercialización:

$$4213.6 * 0.03 = 126.37$$

Es decir, para obtener la cantidad necesaria para reciclarla con objeto del tratamiento de aguas residuales cada escombrera representaría un costo de S/ 126.37 soles.

### **Costo de aplicación y métodos:**

1) para la aplicación natural el proceso de estandarización asumiría los siguientes procesos: triturado, tamizado y aplicación directa.

2) para la activación térmica: triturado, tamizado, aplicación de una temperatura de desecado; aplicación del adsorbente.

3) para la activación química: triturado, tamizado, aplicación de un químico activante (poco comercial/limitado respecto de su circulación), aplicación propia del adsorbente.

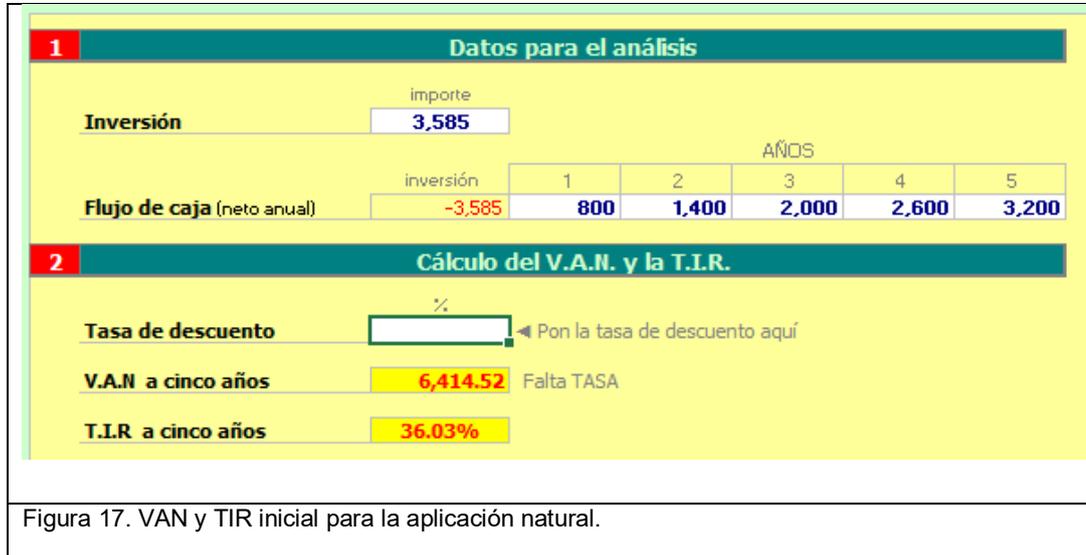
**NOTA:** se le agrega un costo adicional para la aplicación natural, activación térmica y química ya que los residuos de ladrillo conteniendo cromo tienen que tener una disposición final adecuada por lo que se considera el costo de una empresa prestadora de servicios (EPS).

Para asumir un entorno comparativo se procedió a calcular el VAN y TIR, llegando a obtener los siguientes resultados:

### **APLICACIÓN DIRECTA:**

	<b>Costo trimestral</b>	<b>anual</b>
• Costo de la escombrera:	S/. 126.7	S/. 505.48
• Mano de obra:	S/. 150	S/. 600
• Transporte:	S/. 150	S/. 600

- Trituración: S/. 350 S/. 1400
  - Disposición final: S/. 480 S/. 480
- Total: S/. 3585.48



Fuente: elaboración propia.

### ACTIVACIÓN TÉRMICA:

- |  | Costo trimestral | anual |
|--|------------------|-------|
|--|------------------|-------|
- Total: S/. 4385.48

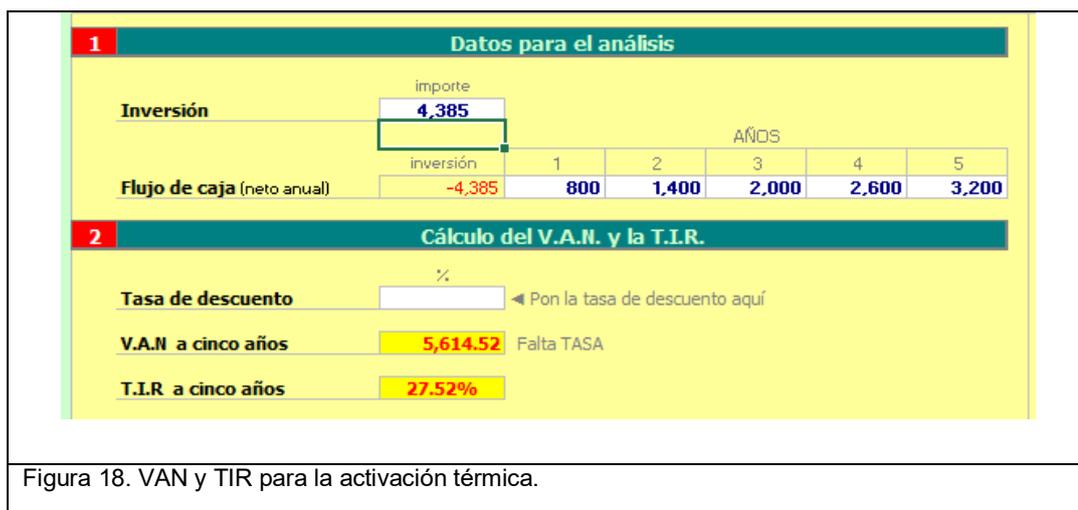


Figura 18. VAN y TIR para la activación térmica.

Fuente: elaboración propia.

### ACTIVACIÓN QUÍMICA:

	Costo trimestral	anual
• Costo de la escombrera:	S/. 126.7	S/. 505.48
• Mano de obra:	S/. 150	S/. 600
• Transporte:	S/. 150	S/. 600
• Trituración:	S/. 350	S/. 1400
• Reactivo (costo referencial)	S/. 2000	S/. 8000
• Horno	S/. 200	S/. 800
• Disposición final:	S/. 480	S/. 480
		Total: S/. 12385.48

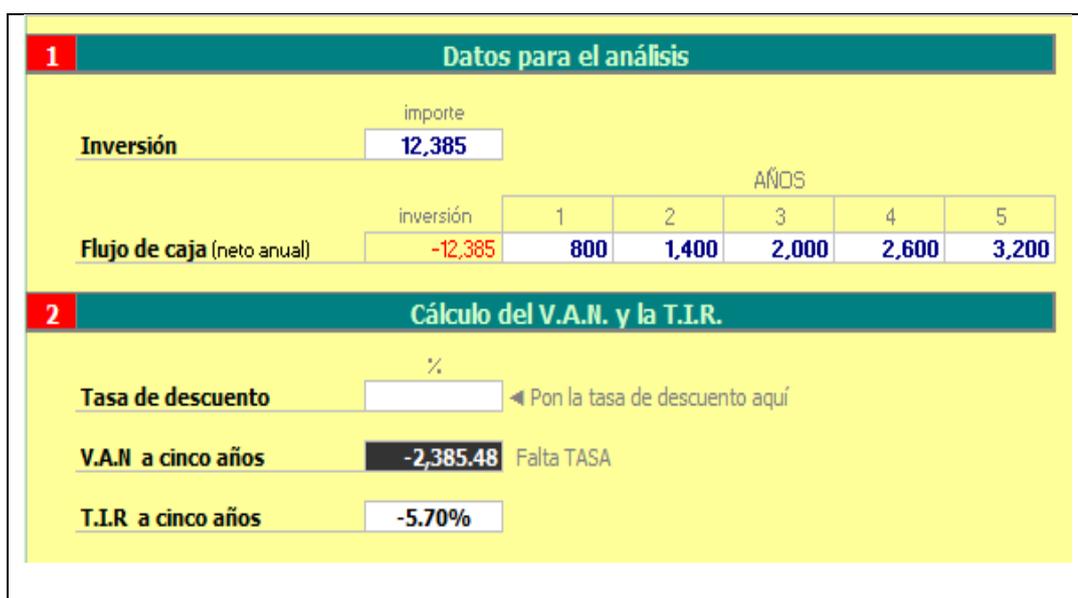


Figura 19. VAN y TIR para la activación química.

Fuente: elaboración propia.

De manera complementaria se validó el entorno de la viabilidad de la aplicación del adsorbente como entorno de valorización del residuo de construcción y demolición, la activación química por el uso del reactivo ácido clorhídrico (HCL) evidencia un costo muy alto y con venta restringida, en cambio la activación térmica asume un escenario de adquirir un horno industrial pero un escenario de inversión única al igual que el entorno natural. En la tabla siguiente se observan los valores de VAN, TIR e importe de inversión inicial:

Tabla 11. Cotejo de datos propios del análisis de valorización del ladrillo.

Ítem	Inversión	VAN	TIR
Aplicación Natural	S/ 3585.48	6.4	36.03 %
Activación Térmica	S/ 4385.48	5.6	27.52 %
Activación Química	S/ 12385.48	-2.3	-5.70%

Fuente: elaboración propia.

Se observa que una activación térmica y química reflejan una necesidad de obtención de un horno industrial, así como la materia prima activante (HCl en cantidades considerables), lo cual limitaría su aplicación frente a la aplicación natural o directa que es viable y consistente.

#### **Prueba de hipótesis del presente trabajo de investigación:**

Hi: El proceso de valorización del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición aplicada como adsorbente de cromo presente en aguas residuales en la provincia de Huancayo en el año 2018 se logra mediante la aplicación directa del adsorbente (el método influye en la capacidad).

H0: El proceso de valorización del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición aplicada como adsorbente de cromo presente en aguas residuales en la provincia de Huancayo en el año 2018 no se logra mediante la aplicación directa del adsorbente (el método no influye en la capacidad).

Al comparar los valores del VAN y TIR de la aplicación directa y los métodos térmico y químico se valida que: El proceso de valorización adecuada del ladrillo generado

en actividades de construcción y demolición aplicada como adsorbente de cromo presente en aguas residuales en la provincia de Huancayo en el año 2018 se logra mediante la aplicación directa del adsorbente, es decir, sin la necesidad de optar por algún entorno de activación en un sentido de valorización del residuo y viabilidad de aplicación debido a que los valores del VAN y TIR obtenido para dicha aplicación directa evidencia mayor rentabilidad asociada a un período de retorno de inversión más rápido.

#### 4.2. Discusión de resultados

De acuerdo con la información básica que existe en la presente se llega a encontrar un impacto ambiental como es la contaminación de los recursos hídricos por actividades de las empresas de curtiembre que contienen cromo presente en sus aguas residuales y éstas son vertidas en los ríos; a la par se encuentra una contaminación paisajística por parte de los residuos de construcción y demolición (ladrillos y escombros) a raíz de esta simple deducción se toma por usar una técnica para valorizar el ladrillo por medio de costo – beneficio ambiental.

De manera complementaria al entorno pre-experimental, el escenario de la valorización del residuo de construcción y demolición objeto de estudio demuestra que esta alternativa se evidenció como oportuna e ideal respecto de la aplicación directa del residuo estandarizado (reciclado); así también se muestra como adecuada e ideal, de modo que los impactos que se generen al ecosistema sean mitigados por la reducción de la cantidad de espacios considerados como “botaderos de escombros” o escombreras al propiamente ser valorizados en entornos de desarrollo de alternativas relacionadas a la generación de ideas de emprendimiento validadas por tasas económicas positivas respecto del análisis de las tasas de retorno de inversión (VAN y TIR), y así también dicha valorización impacte positivamente como alternativa de tratamiento de aguas residuales en un entorno específico, complementario y ya de índole tecnológica en posteriores intervenciones (proyectos de investigación y públicos), evidenciando un escenario de alcance de la sostenibilidad puesto que las actividades de curtiembre, que suelen abarcar ámbitos socioeconómicos a mayor escala, también pueden llegar a sostener ideales de crecimiento en perspectivas ambientales. El valor obtenido de

VAN y TIR para el entorno de aplicación directa asumiendo dos entornos: adquirir el adsorbente en forma de residuo u obtenerlo de una escombrera, sumado a su potencial de adsorción, evidencia que es el más viable de aplicar con el objetivo de lograr un escenario de viabilidad en el contexto local de estudio; el ladrillo propiamente en su composición evidencia la presencia de minerales o un entorno mineralógico que evidencia su potencial adsorbente y de predisposición de sitios activos disponibles, demostrando que no es necesario de activar a dicho adsorbente en su aplicación, aportando en conocimientos para la solución más directa de la contaminación de acuíferos producto de la actividad de curtiembre.

La aplicación directa del adsorbente demostró una gran significancia respecto de la remoción, así también la aplicación de los adsorbentes activados térmica y químicamente, sin embargo, para estos últimos es necesario de un medio que permita justamente activarlos: ya sea un horno especial o un reactivo de uso restringido respectivamente, evidenciando de que si bien también cotejan un escenario de significancia en la capacidad de remoción y validada por la prueba de hipótesis de ANOVA, requieren de un esfuerzo mayor e inicial respecto de la inversión para lograr dicha activación en un entorno de reciclaje del residuo empleado.

El entorno de activación térmica, tal como se ha discutido inicialmente, concuerda con lo propuesto por los autores en sentido de la liberación de sitios activos, sin embargo, el hecho de incidir una gran temperatura hace que se necesite de un agente tecnológico como lo es un horno de corte industrial o especial para lograr un escenario eficiente de activación, lo cual merma en su adquisición el entorno de inversión inicial para lograr un adsorbente con mayor potencial; de igual manera el entorno de la aplicación en grandes volúmenes del HCl, que si bien refleja una potencial significancia de la adsorción de cromo, la inversión necesaria para conseguirlo se dificulta debido a su movimiento restringido en el mercado local, evidenciando un escenario de inviabilidad.

Respecto de uno de los resultados, relacionado a los métodos de activación del ladrillo con finalidad de adsorción de cromo en la cual se da la incidencia o influencia de temperatura (activación térmica), dicha premisa concuerda con lo propuesto por FONSECA et. al. (12), los cuáles mencionan que en dicha activación se generan escenarios de “deshidroxilación, deshidratación y descomposición”, asociándolo a una mayor capacidad de remoción de iones de un contaminante en específico; de

igual manera y tal como se observó en la presente, la activación térmica actuó muy bien frente a la remoción de cromo del medio hídrico, concordando parcialmente con lo señalado por el autor anteriormente citado debido a que el método de lograr la saturación del adsorbente se realizó de forma manual, es decir, sin un agitador propiamente dicho, de modo que se favoreció de aquel modo a la activación química y la aplicación natural respecto de su mayor capacidad de adsorción; es oportuno afirmar que para estudios complementarios se realicen métodos de activación innovadores para cada metal pesado puesto que sus condiciones y cualidades que influyan en la toma de decisiones respecto de la estandarización de los adsorbentes. El análisis comparativo entre ambas situaciones difiere de lo propuesto por MUSSO et. al. (14), que consideran “una afinidad relativamente alta de los metales por las arcillas a concentraciones bajas” en medios hidratados propiamente dicho, lo cual es inversamente proporcional a lo inducido térmicamente, debido a que en este proceso ocurre una deshidratación propiamente del adsorbente, incidiendo de tal modo en la liberación de sitios activos y propiamente influenciando en la capacidad de adsorción en su aplicación. Respecto de la activación química como alternativa de aplicación como escenario de adsorción de cromo resultante de la presente, lo analizado concuerda parcialmente con lo planteado por DE SOUSA et. al. (19) respecto de la conformación de un modelo de adsorción monocapa y multicapa evidenciando capacidades de adsorción importantes; en tal sentido, lo propuesto por los últimos autores citados, respecto de la consideración de la aplicación de los adsorbentes activados químicamente en un efluente real, tiende a representar una desviación menor respecto de su capacidad de adsorción considerando de que no solo existen metales pesados en las aguas residuales, por tanto, el representar una alta capacidad de adsorción no refleja siempre una mayor eficiencia de aplicación en un efluente real, por lo contrario, las condiciones del medio influirán de una manera menos significativa a comparación de la aplicación de los adsorbentes “más eficientes” y activados por otros mecanismos así como los aplicados directamente, exhibiendo así una brecha u oportunidad de realización de investigaciones complementarias que se enfoquen en el estudio de los sitios activos y su saturación, teniendo en cuenta asociaciones químicas. Lo propuesto por CANESSA et. al. (18), nos indica que se debe de considerar al pH como un condicionante de relevancia en el proceso de adsorción, mencionando que “el pH en valores básicos evidencian valores altos de adsorción”, lo que no concuerda con lo propuesto por ROJAS y

ZÁRATE (17), y ROSALES (15), que mencionan que un escenario extremadamente ácido tiende a mejorar la capacidad de adsorción; en el presente trabajo el pH que se obtuvo de la muestra de agua residual de curtiembre fue de 3.4 un medio moderadamente ácido y los valores de adsorción fueron altos. ANDRADE et. al. (10), menciona que el pH ácido no dificulta ni impide la adsorción de la mayoría de los metales en un agua residual con menor contenido metálico lo cual favorece la adsorción por las arcillas, es decir, la capacidad de adsorción está relacionada con “el contenido de metales y el contenido de sólidos en suspensión en las aguas”, consideradas como alternativas de realización de nuevas investigaciones complementarias y propias ya del escenario de tratamiento de aguas residuales.

Por otro lado, los últimos autores citados consideran que la presencia de minerales como la esmectita y vermiculita favorecen a la capacidad de adsorción, por tanto, demostrando su potencial de valorización al aplicarlo como adsorbente en efluentes con presencia de cromo; además se evidencia que la liberación de sitios activos por el medio de deshidratación (activación térmica) favoreció a la adsorción por el hecho de la presencia de los mencionados minerales en el ladrillo caracterizado y cotejado, pero que sin embargo la aplicación directa del residuo reciclado (estandarizado) evidenció una capacidad de adsorción mayor, por tanto se evidencia oportunamente que es necesario el estudio a nivel de la composición (caracterización) mineralógica de manera complementaria de modo que se puedan valorizar otros residuos que potencialmente se compongan de minerales con más capacidad de retención, lo que también concuerda parcialmente con lo propuesto por ENCINAS et. al. (13), respecto de la necesidad de optar por un mecanismo de activación en sentido de la optimización de la capacidad de adsorción si fuese necesario en escenarios complementarios; éste se sustenta en la presente por evidenciar y/o alcanzar una capacidad de remoción del cromo también considerable.

Respecto de la obtención de mejores resultados relacionados al tamaño de partícula menor (0.5 mm), ello concuerda con lo propuesto por ROSALES (15) y ROJAS y ZÁRATE (17), que consideran oportuno el emplear cada vez más el uso de tamaños de partículas muy pequeñas puesto que sus sitios activos tienden a presentarse en un mejor orden respecto de su vínculo con otros contaminantes y su potencial de retención y saturación, lo cual también concuerda con lo propuesto por CANESSA et. al. (18) al utilizar intensivamente tamaños de partículas cada vez

más pequeños y reflejando en los modelos matemáticos una optimización de la capacidad de adsorción, de acuerdo al análisis laboratorio de las muestras obtenidas en el presente trabajo se evidencia que las partículas mayores tienen porcentajes bajos de adsorción; por lo que una partícula pequeña contiene mayor área superficial interna por la cantidad de unidad y poros, por lo tanto se deduce que la cantidad de agua residual de curtiembre que se puede adsorber con el ladrillo triturado depende directamente proporcional del volumen.

## CONCLUSIONES

- a) Para la valorización del ladrillo se usó la técnica costo y beneficio que nos permitió identificar los impactos ambientales: contaminación de los recursos hídricos a causa de los vertimientos por parte de las empresas de curtiembres que contienen alto contenido de cromo en sus aguas residuales y a su vez la alteración paisajística; para así darle costos y beneficios a ambas situaciones ambientales por medio de un servicio como el uso del ladrillo como adsorbente que fue determinado por medio de criterios económicos como el VAN y TIR.
- b) Si bien es cierto el rendimiento de los procesos de acuerdo a los resultados del laboratorio de la aplicación natural, el método térmico y el método químico son eficientes según el análisis de anova, el VAN Y TIR define el proceso adecuado ya que el método natural rinde igual sin tratamientos, económicamente no es necesario hacer la activación térmica y activación química debido al rendimiento. El proceso de valorización del ladrillo aplicado por el proceso natural también es viable económicamente.
- c) La capacidad de remoción de cromo presente en aguas residuales mediante la aplicación directa del ladrillo estandarizado generado en actividades de construcción y demolición en la provincia de Huancayo en el año 2018 fue de 0.002345 mg/g, 0.002278 mg/g y 0.002159 mg/g de cromo adsorbido por gramo de ladrillo y se obtuvo un porcentaje de remoción del cromo de 96.59%, 93.82% y 88.94% para la aplicación de tamaños de partícula de 0.5, 1 y 1.5 mm respectivamente.
- d) La capacidad de remoción de cromo presente en aguas residuales mediante la aplicación del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición en la provincia de Huancayo activado térmicamente en el año 2018 fue de 0.002412 mg/g, 0.002391 mg/g y 0.002375 mg/g de cromo adsorbido por gramo de ladrillo y se obtuvo un porcentaje de remoción del cromo de 99.35%, 98.48% y 97.84% para la aplicación de tamaños de partícula de 0.5, 1 y 1.5 mm respectivamente.
- e) La capacidad de remoción de cromo presente en aguas residuales mediante la aplicación del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición en la provincia de Huancayo activado químicamente en el año 2018 fue de 0.002373 mg/g, 0.0023 mg/g y 0.002228 mg/g de cromo adsorbido por gramo de ladrillo y se obtuvo un porcentaje de remoción del cromo de 97.73%, 94.72% y 91.78% para la aplicación de tamaños de partícula de 0.5, 1 y 1.5 mm respectivamente.

## RECOMENDACIONES

- a) Utilizar métodos de activación térmica y química teniendo en cuenta distintas condiciones: diferente temperatura incida y otros reactivos activantes.
- b) Realizar estudios complementarios asumiendo entornos de agitación constante y modelos matemáticos complementarios.
- c) Para estudios posteriores se recomienda trabajar con partículas menores a 0.5 mm.
- d) De acuerdo a los antecedentes y estudios anteriores se recomienda considerar el parámetro de pH de principio a fin y otros parámetros para tener mejor efectividad.
- e) Considerar la utilización de ladrillo con presencia de concreto en su composición y comparar su capacidad de adsorción con las obtenidas en la presente.
- f) Realizar experimentos con materiales mineralógicos de índole similar con la finalidad de asignar una valorización adecuada a diversos residuos.
- g) Considerar un lugar de aislamiento del material residual para luego ser llevado por una empresa prestadora de servicios (EPS).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Manejo de residuos de construcción y demolición en obras menores*. Lima : Dirección General de Calidad Ambiental, 2016.
2. PRASADA, R. y HEMALATHA, D. *Estudios de lotes de adsorción en polvo de ladrillo calcinado para eliminar el cromo y los iones de níquel*. s.l.: International Journal of Advanced Research in Chemical Science, 2014, Vol. 1.
3. LAGOS, L. *Bioadsorción de cromo con borra de café en efluentes de una industria curtiembre local*. Lima: s.n., 2016.
4. DÍAZ-CUENCA, E., ALAVARADO-GRANADOS, A. y CAMACHO-CALZADA, K. *El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México*. 1, México D.F.: Quivera, 2012, Vol. 14. 14058626.
5. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. *Autoridad Nacional del Agua considera eficiente Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de provincia puneña de Yunguyo*. [MINAGRI] Lima: ANA, 2016.
6. PINEDO, R. *Impactos ambientales generados por la curtiembre D-LEYSE, en el distrito de el porvenir*. Tingo Maria: s.n., 2012.
7. ROMERO, E. *Residuos de construcción y demolición*. Huelva : Universidad de Huelva, 2006.
8. ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL. *Plan de evaluación ambiental en el ámbito del parque industrial Río Seco*. Lima: Coordinación de Evaluaciones Ambientales en Pesquería, Industria y otros, 2017.
9. TOMASINI, D. *VALORACION ECONOMICA DEL AMBIENTE*. Buenos Aires: s.n.
10. ANDRADE, L., COVELO, E.F. y VEGA, F.A. *Uso de Arcillas Especiales para Depuración de Aguas Residuales*. 1, Vigo: Información Tecnológica, 2005, Vol. 16. 07180764.

11. NAVARRO, A, y otros. *Elucidación del efecto del pH en la adsorción de metales pesados mediante biopolímeros naturales: cationes divalentes y superficies activas*. 2, Lima: Iberoamericana de Polímeros, 2006, Vol. 7.
12. FONSECA, D., y otros. *Aplicaciones de los minerales arcillosos de Cayo Guan, Cuba, como adsorbentes de metales pesados y materia prima cerámica*. 5, Madrid: Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 2012, Vol. 51. 21730431.
13. ENCINAS, M, y otros. *Eliminación de cromo de efluentes ácidos, mediante adsorción con wollastonita natural*. 9, Sonora: EPISTEMUS, 2015, Vol. 18. 20074530.
14. MUSSO, T. y otros. *Arcillas esmectíticas de la Región Norpatagónica Argentina como barreras hidráulica de rellenos sanitarias y agentes de retención de metales pesados*. 1, Buenos Aires: Rev. Int. Contam. Ambie., 2016, Vol. 33.
15. ROSALES, C. *Estudio de la remoción de Cr (VI) presente en soluciones acuosas empleando en silicato natural y modificado*. 2014: Universidad Autónoma del Estado de México, 2014.
16. PAZMIÑO, L. *Evaluación del nivel de eficiencia de un tratamiento primario con un filtro artesanal elaborado con bagazo de caña de azúcar, arena, ladrillo triturado y piedra pómez, para el tratamiento del efluente producido por una lavadora de autos*. 2016: Universidad Técnica de Ambato, 2016.
17. ROJAS, Y. y ZÁRATE, C. *Efecto del pH y el tiempo de contacto en la adsorción de cromo hexavalente en solución acuosa utilizando montmorillonita como adsorbente*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015.
18. CANESSA, J., ROJAS, A. y GRANZA, F. *Adsorción de Pb (II) de soluciones acuosas por medio de ladrillo particulado*. Huancayo: Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Química, 2011.
19. DE SOUSA, L, y otros. *Gel de sílice modificado como adsorbente de cromo en aguas residuales*. Caracas : Órgano de Divulgación Científica y Tecnológica, 2012.
20. UNIVERSIDAD DE VALENCIA. Tema 7. Superficies sólidas: adsorción y catálisis heterogénea. [aut. libro] Departamento de Química Física. *Química Física Avanzada*. Valencia: Open Course Ware, 2009.

21. MINISTERIO DEL AMBIENTE. D.L.1278. *Decreto Legislativo que Aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Lima : Diario Oficial El Peruano, 2016.
22. MATTEODA, E. y otros. *Cromo en aguas subterráneas y superficiales en el entorno de una curtiembre, relación con valores de fondo natural*. Elena, Córdoba. Argentina. 4, Córdoba: Boletín Geológico y Minero, 2009, Vol. 120. 03660176.
23. RAMALHO, R. *Tratamiento de aguas residuales*. Quebec: REVERTE, 2009. 9788429192070.
24. LAVADO, C., SUN, M. y BENDEZÚ, S. *Adsorción de plomo de efluentes industriales usando carbones activados con H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>*. 2, Lima: Rev. de la Sociedad Química del Perú, 2010, Vol. 76. 1810634X.
25. CUBEROS, E., RODRIGUEZ, A. y PRIETO, E. *Niveles de Cromo y alteraciones de Salud en una Población Expuesta a las Actividades de Curtiembres en Bogotá, Colombia*. Bogotá: s.n., 2009.
26. TELLEZ, J., CARVAJAL, M. y GAITÁN, A. *Aspectos toxicológicos relacionados con la utilización del cromo en el proceso productivo de curtiembres*. 1, Bogotá: Facultad de medicina, 2004, Vol. 52.
27. VULLO, D. *Microorganismos y Metales Pesados: Una interacción en Beneficio del Medio Ambiente*. 3, s.l.: Química viva, 2003.
28. PRIETO, J. y OTROS. *Contaminación y Fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes del suelo y agua*. Hidalgo: s.n., 2009.
29. TIMMERMANN, E. *Termodinámica de isothermas de sorción*. Buenos Aires : QFII, 2003.
30. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. *Fenómenos de superficie: Adsorción*. México D.F.: UNAM, 2012.
31. ALLAHDIN, O. *Eliminación de contaminantes metálicos de la República Centroafricana. Aspectos de activación química, térmica y de cinética natural*. Lille: Université Lille, 2014.
32. DIXON, J. y PAGIOLA, S. *Análisis económico y evaluación ambiental*. 23, Turrialba: Update, 1998.
33. IBAÑEZ, J. y CORROPPOLI, M. *Valorización de residuos sólidos urbanos*. Buenos Aires: MASIL, 2002.

34. METE, M. *Valor Actual Neto y Tasa de Retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyecto de inversión*. Bolivia: Fides Et Ratio, 2014, Vol. 7. 2071-081X.
35. PAU, J. *Equilibrio de adsorción de mezclas gaseosas en tamices moleculares*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, 1994.
36. CAMACHO, A. y ARIOS, L. *Diccionario de términos ambientales*. La Habana : P. Acuario, 2000. 9597071169.
37. LEENTECH. lenntech.es. [En línea] Lenntech B.V. All rights reserved, 2018. [Citado el: 12 de 03 de 2018.] <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/cr.htm>.
38. MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. D.S. N° 003-2013-VIVIENDA. *Aprueba Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de Construcción y Demolición*. Lima : MVCS, 2013.
39. ARROYO, J. *¿Cómo ejecutar un plan de investigación?* Huancayo : Fundación para el Desarrollo y Aplicación de las Ciencias, 2012.
40. MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. *Plan de incentivos a la mejora de la gestión y modernización municipal - PI 2013*. Lima : Oficina de Medio Ambiente del MVCS, 2013.
41. TRIOLA, M. *Estadística*. México D.F. : Pearson Educación, 2004. 9702605199.
42. MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. Porcentajes para el cálculo de la depreciación por antigüedad y estado de conservación según el material estructural predominante para casas habitación y departamentos para viviendas. *Resolución Ministerial N° 126-2007-VIVIENDA*. Lima : El Peruano, 2007.
43. FLORES-TAPIA, C. y FLORES-CEVALLOS, L. *Producción de ladrillos ecológicos con subproductos agrícolas*. Ecuador : Buenas Prácticas, 2018.

## **ANEXOS**

Anexo 01. Matriz de Consistencia.

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es la valorización del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición aplicado como adsorbente de cromo presente en aguas residuales en la provincia de Huancayo en el año 2018?</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>*¿Cuál es la capacidad de remoción de cromo presente en aguas residuales mediante la aplicación del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición en la provincia de Huancayo aplicado naturalmente en el año 2018?</p> <p>*¿Cuál es la capacidad de remoción de cromo presente en aguas residuales mediante la aplicación del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición en la provincia de Huancayo activado químicamente en el año 2018?</p> <p>*¿Cuál es la capacidad de remoción de cromo presente en aguas residuales mediante la aplicación del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición en la provincia de Huancayo activado térmicamente en el año 2018?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar la valorización del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición aplicado como adsorbente de cromo presente en aguas residuales en la provincia de Huancayo en el año 2018.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>*Determinar la capacidad de remoción de cromo presente en aguas residuales mediante la aplicación del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición en la provincia de Huancayo aplicado naturalmente en el año 2018.</p> <p>*Determinar la capacidad de remoción de cromo presente en aguas residuales mediante la aplicación del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición en la provincia de Huancayo activado químicamente en el año 2018.</p> <p>*Determinar la capacidad de remoción de cromo presente en aguas residuales mediante la aplicación del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición en la provincia de Huancayo activado térmicamente en el año 2018.</p>	<p>Hipótesis nula</p> <p>H0: El proceso de valorización adecuada del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición aplicada como adsorbente de cromo presente en aguas residuales en la provincia de Huancayo en el año 2018 no se logra mediante la aplicación directa del adsorbente.</p> <p>Hipótesis alternativa</p> <p>Ha: El proceso de valorización adecuada del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición aplicada como adsorbente de cromo presente en aguas residuales en la provincia de Huancayo en el año 2018 se logra mediante la aplicación directa del adsorbente.</p>	<p>Variable dependiente:</p> <p>Valorización del RCD ladrillo.</p> <p>Variable independiente:</p> <p>Métodos de activación del adsorbente ladrillo.</p>	<p>Método general:</p> <p>Deductivo – analítico.</p> <p>Método específico:</p> <p>Observacional – no experimental.</p> <p>Tipo: Aplicado.</p> <p>Nivel: Exploratorio.</p> <p>Diseño:</p> <p>No experimental – transversal.</p> <p>Población:</p> <p>Ladrillo cotejado - caracterizado.</p> <p>Muestra de efluente de curtiembre.</p> <p>Muestra:</p> <p>No probabilística – 09 submuestras de ladrillo estandarizado.</p> <p>Técnica de recolección de datos:</p> <p>Observación.</p> <p>Instrumento de recolección de datos:</p> <p>Listas de cotejo.</p>





M-F-001  
Ver. 01

CADENA DE CUSTODIA 0235 - 209 - MC

CALIDAD DE AIRE	CALIDAD DE AGUA <input checked="" type="checkbox"/>	EMISIO. ATMOSF.	OTROS ESPECIF.:	PAG.	DE:
-----------------	---	-----------------	-----------------	------	-----

CLIENTE: **DATOS DEL CLIENTE** | **ANÁLISIS REQUERIDOS**

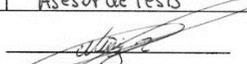
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL CLIENTE	Liset Karina Rojas Condeña		
CONTACTO	Liset Karina Rojas Condeña		
ORDEN DE SERVICIO N°	COTIZACIÓN N°	V/S-C-101-2018	
EMPRESA / NOMBRE DEL PROYECTO	Tesis - Investigación - Cromo + Adsorción (Inorgánico)		
LUGAR DE MUESTREO	Huancayo - Junín		

ITEM	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	INICIO DEL MUESTREO		TERMINO DEL MUESTREO		TIPO DE MUESTRA (*)	COORDENADAS UTM			NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS POR PUNTO DE MUESTREO	Submuestras
			FECHA (dd-mm-aa)	HORA (12:00)	FECHA (dd-mm-aa)	HORA (12:00)		NORTE	ESTE	ALTITUD		
	LR-001		13/03/18	17:00	13/03/18	17:30						
	LR-002		13/03/18	17:00	13/03/18	17:30						
	LR-003		13/03/18	17:00	13/03/18	17:30						
	LR-004		13/03/18	17:00	13/03/18	17:30						
	LR-005		13/03/18	17:00	13/03/18	17:30						
	LR-006		13/03/18	17:00	13/03/18	17:30						
	LR-007		13/03/18	17:00	13/03/18	17:30						
	LR-008		13/03/18	17:00	13/03/18	17:30						
	LR-009		13/03/18	17:00	13/03/18	17:30						

OBSERVACIONES:

ENVASES		
CANTIDAD	TIPO (*)	VOLUMEN / PESO

(\*) CALIDAD DE AGUA: (AN-SUP.) AGUAS NATURALES SUPERFICIALES: RIO, LAGO, LAGUNA, LLUVIA; (AN-SUB.) AGUAS NATURALES SUBTERRANEAS: MANANTIAL, TERRAL, POZO, (AR-DOM.) AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS; (AR-IND.) AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES; (AH) AGUAS PARA USO Y CONSUMO HUMANO: POTABLE (P), DE MESA (M), ENSAVADA (E), PISCINA (PS); LAGUNA ARTIFICIAL (LA); (AS) AGUAS SALINAS: MAR (M), SALOBRES (S), SALINERA (SALM);  
 CALIDAD DE AIRE: FILTROS EN CALIDAD DE AIRE (PTS, PM-10 ALTO VOLUMEN, PM-2.5 ALTO VOLUMEN, PM-2.5 BAJO VOLUMEN, VOCS, ETC);  
 CAPTADORAS: (SO2, NO2, CO, H2S, O3, ETC);  
 EMISIONES ATMOSFERICAS: FILTROS EN EMISIONES ATMOSFERICAS (PESO INICIAL Y FINAL DE FILTRO CEDIA);  
 MUESTRA SOLIDA (M.S.): (SUE) Suelo, (LOD) Lodo, (SED) Sedimentos;  
 SALUD OCUPACIONAL (S.O.): (P.R.) Polvos Respirables, (P.L.) Polvos Inhalables, (H.M.) Humos Metálicos, otros

<b>MUESTREO REALIZADO POR:</b> CLIENTE: <input checked="" type="checkbox"/> V&S LAB: <input type="checkbox"/> NOMBRE: <u>Bach. Liset Karina Rojas Condeña</u>  FIRMA		<b>SUPERVISOR / REPRESENTANTE DEL CLIENTE:</b> NOMBRE: <u>Ing. Roly Jaime Nuñez Nuñez</u> CARGO: <u>Asesor de Tesis</u>  FIRMA	<b>LABORATORIO - MUESTRAS RECEPCIONADAS POR:</b> NOMBRE: <u>E. Contreras</u> SELLO DE SEGURIDAD: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> T: <input type="checkbox"/>  FIRMA FECH: <u>24/03/18</u> HOR: <u>11:00 am</u>
---	--	---	--

Anexo 03. Certificado de acreditación del laboratorio.



Anexo 04. Ficha de registro de RCD – Escombreras.

PI 2013: Residuos de Construcción y Demolición

Ficha de registro de RCD Depositados en Espacios Públicos Municipalidad Ejemplo	
Información general	Fotografía
Código del Registro: 001-LKRC RCD-XXX-0000	
Inspector: Bach. Lizey Karina Rojas Condeña.	
Fecha de inspección: 05 de marzo del 2018.	
<b>Localidad</b>	
Dirección (Calle/Avenida/Jirón): Huamancaca Chico 3/4	
Cuadra(s): 1	
Referencia: franja derecha del río Mantaro.	
Descripción de la localidad: Zona Rural.	
20kg ladrillo	
<b>Cuantificación de RCD Depositados en Espacios Públicos</b>	
Volumen total de residuos identificados: Objeto de estudio: Ladrillos 12 m <sup>3</sup>	
<b>Composición de los RCD Depositados de Espacios Públicos</b>	
<b>RCD no peligrosos</b>	
Residuos minerales de construcción y demolición (concreto, ladrillos, yeso, cerámicos, mampostería, tierras, rocas, etc.)	X
Otros RCD no peligrosos (vidrio, cartón, plásticos, metales, madera no tratadas, etc.)	—
<b>Subtotal RCD no peligrosos</b>	100 0%
<b>RCD peligrosos</b>	
Maderas de construcción y demolición tratadas	—
Otros RCD peligrosos (envases de pintura o solventes, tubos fluorescentes, planchas de fibrocemento con asbesto, etc.)	—
<b>Subtotal RCD no peligrosos</b>	— 0%
<b>Otros residuos sólidos no de la construcción y demolición</b>	
Residuos domiciliarios (restos de alimentos, periódicos, revistas, botellas, embalajes en general, latas, cartón, pañales descartables, restos de aseo personal, etc.)	—
Otros residuos sólidos no domiciliarios (comerciales, agropecuarios, etc.) Especificar tipo:	—
Residuos sólidos peligrosos (baterías, envases de lubricantes y aceites, etc.)	—
<b>Subtotal otros residuos sólidos no de la construcción y demolición</b>	— 0%
<b>Revisar porcentajes</b>	
Firma y N° DNI del Inspector	Objeto de estudio: Escombrera de Ladrillo.

Anexo 05. Informe de ensayo proporcionado por el laboratorio V&S Lab.



**INFORME DE ENSAYO N° 0301-209-EH**

Página 1 de 2

Solicitante : Liset Karina Rojas Condeña.  
Dirección : Universidad Continental S.A.C Av. San Carlos 1980.  
Atención: : I-Desarrollo Integral S.A.C.  
Muestreo realizado por : Liset Rojas Condeña/CIP 188438 Recep. I.DES.INT.S.A.C.  
Fecha de muestreo : 12/03/18  
Procedencia : Huancayo.  
Proyecto : Investigación – Tesis.  
Referencia : Cotización N° 101-2018  
Tipo de muestra : Envases de polietileno sellados herméticamente.  
Ensayos realizados :

Análisis	Método
Cromo total	APHA, AWWA, WEF, 22th Ed 2012/3500-Cr, Colorimetric Method.

Emitido en San Juan de Lurigancho, 27 de marzo de 2018.



Ana Belén Sinche Jimenez  
Área Administrativa

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización por V&S LAB E.I.R.Ltda.  
Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.  
El presente informe solo es válido para la(s) muestra(s) de referencia.  
Los resultados de los ensayos obtenidos de este informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Las muestras serán guardadas teniendo en cuenta las condiciones y tiempo de almacenamiento descrito en los métodos estandarizados de la FDA.  
Toda corrección física al Informe de Ensayo luego de haber sido emitido, se realizará un documento adicional al informe donde llevará el nombre de "Suplemento al Informe de Ensayo N° ...".

V&S LAB E.I.R.Ltda. Pj. Manuel González Proda N°188, Urb. Ghocarrilla de Oturo San Juan de Lurigancho teléfono: (51-1) 276-5156 Pá-049-05 / V&S Lab



**INFORME DE ENSAYO N° 0301-209-EH**

Página 2 de 2

Primer ensayo:

Código de laboratorio	01/0236-209-MC
Código de muestra	01.Pat.Tesis-LKRC
Tipo de muestra	Agua de curtiembre
Fecha y hora	26/03/18 11:30 am
Resultados (mg/l)	<b>2,988</b>

Segundo ensayo:

Código de laboratorio	02-10/0235-209-MC								
Código de muestra	LR-001	LR-002	LR-003	LR-004	LR-005	LR-006	LR-007	LR-008	LR-009
Tipo de muestra	Agua de curtiembre								
Fecha y hora	26/03/18 11:45 am								
Resultados (mg/l)	0.1018	0.1845	0.3303	0.019	0.045	0.0645	0.0678	0.1575	0.2455

Emitido en San Juan de Lurigancho, 27 de marzo de 2018.

  
 Quím. Zaida C. Contreras Pacheco  
 CQP 1162  
 Jefe de Laboratorio



El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización por V&S LAB E.I.R.Ltda.  
 Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.  
 El presente informe solo es válido para la(s) muestra(s) de referencia.  
 Los resultados de los ensayos obtenidos de este informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
 Las muestras serán guardadas teniendo en cuenta las condiciones y tiempo de almacenamiento descritos en los métodos estandarizados de la FDA.  
 Toda corrección física al Informe de Ensayo luego de haber sido emitido, se realizará un documento adicional al informe donde llevará el nombre de "Suplemento al Informe de Ensayo N°...".

---

V&S LAB E.I.R.Ltda. Pz. Manuel González Prado N°186. Urb. Elhaccharilla de Oturo San Juan de Lurigancho +teléfono: (51-1) 976-5166 Pz. U26-45 / Mor. Us

Anexo 06. Fotografías complementarias.



*Fotografía N° 01: Toma de muestra de efluente proveniente de curtiembre.*



*Fotografía N° 02: Etiquetado e identificación de las muestras tomadas en campo.*



*Fotografía N° 03: Conglomerado de residuos.*



*Fotografía N° 04: Muestras de aguas de curtiembre y adsorbente preservado.*



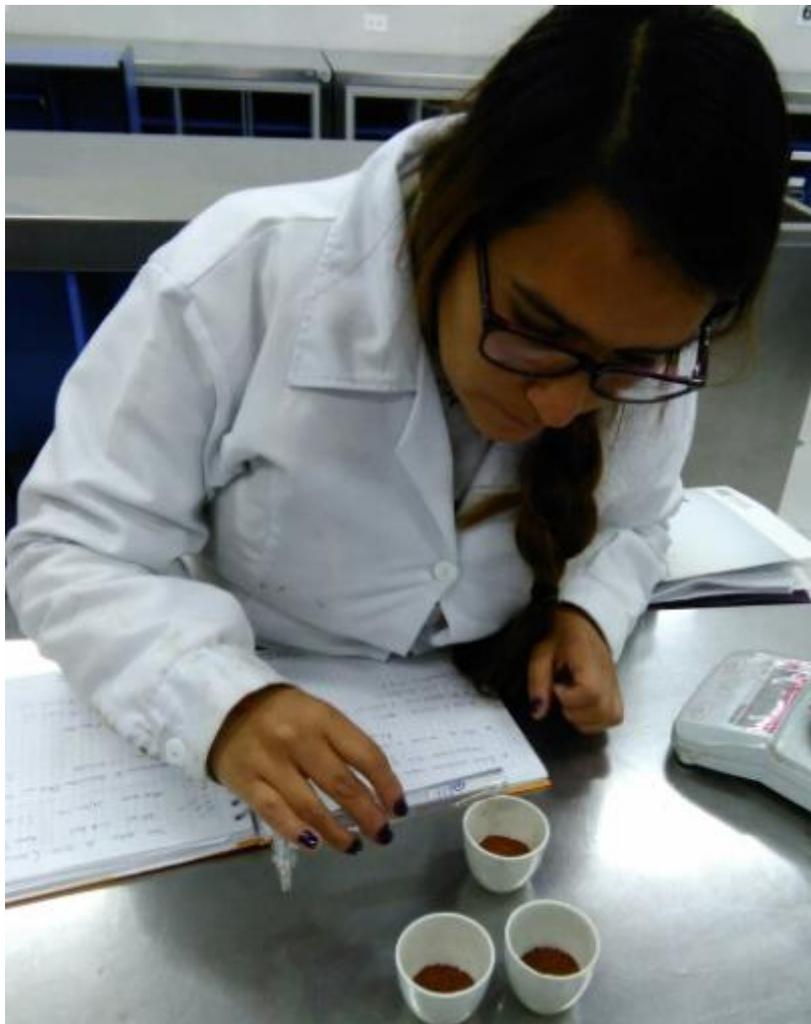
Fotografía N° 05: Muestras de ladrillo estandarizado por tamaño de partícula.



Fotografía N° 06: Pesado de submuestras.



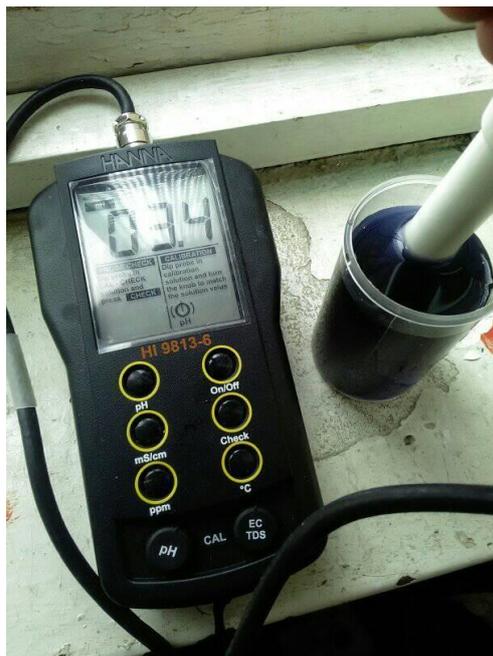
*Fotografía N° 07: Activación natural, térmica y química respectivamente.*



*Fotografía N° 08: Selección de submuestras a activar térmicamente.*



Fotografías N° 09 y 10: Ensayo experimental de laboratorio – Bach. Liset Rojas.



Fotografías N° 11 y 12: muestra de agua de curtiembre y medida de pH

Anexo 07. Evidencia objetiva de la utilización de los laboratorios de la Universidad Continental.



“AÑO DEL DIÁLOGO Y RECONCILIACIÓN NACIONAL”

**Solicito:** Conformidad de uso de laboratorios (Minas, Suelos, Calidad Ambiental) de la Universidad Continental con fines de investigación.

Ing. Guillermo Jaramillo Cabrera  
Jefe Corporativo de Laboratorios de Cómputo e Ingeniería  
Universidad Continental

Es grato dirigirme a su persona para saludarlo cordialmente y exponerle le siguiente:

Con la finalidad de sostener la validez respecto del análisis de las muestras correspondientes a la investigación realizada por mi persona, como Tesis de grado titulada **“VALORIZACIÓN DEL LADRILLO GENERADO EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN APLICADO COMO ADSORBENTE POTENCIAL DE CROMO PRESENTE EN AGUAS RESIDUALES EN LA PROVINCIA DE HUANCAYO EN EL AÑO 2018”**, le solicito dar el visto bueno a la presente como evidencia objetiva de su parte que daría soporte adecuado a la validez mencionada.

Desde ya quedo agradecida por el tiempo concedido, como evidencias de la finalización de mi investigación se adjunta un ejemplar del informe de conformidad por parte de mi Asesor: Ing. CIP Roly Jaime Nuñez Nuñez.

02 de Abril de 2018

Atte.

Bach. Liset Rojas Condeña

DNI 73045060

 Firma DNI: 73045060	 Guillermo Jaramillo Cabrera Jefe de Laboratorios de Ingeniería y Cómputo Universidad Continental
Bach. Liset Rojas C. Investigadora	Ing. Guillermo Jaramillo Jefe de Laboratorios